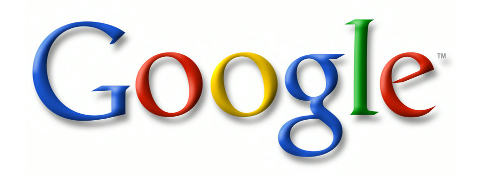


Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

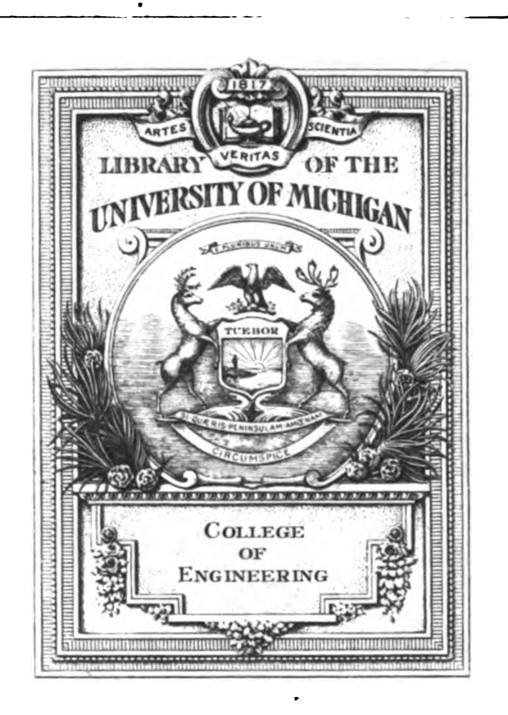
+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

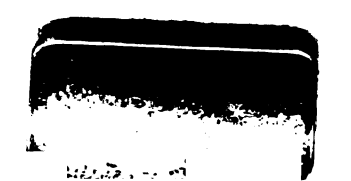
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

C 366138

Digitized by Google





Digitized by Google

~~Engineering Lib.~~
TK
3
.E46

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

60. Jahrgang

1939

II. Halbjahr

Berlin
Im Buchhandel durch Julius Springer
1939

Inhaltsverzeichnis.

(II. Halbjahr 1939)

A. Sachverzeichnis.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. — Bespr. = Besprechung. *Arch.* = Archiv f. Elektrotechn., Bd. 33 (1939). — *E u M* = Elektrotechnik und Maschinenbau. — *Fachber.* = VDE-Fachberichte Bd. 11 (1939).
Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl. Weitere Abkürzungen s. Abt. A IV, VDE.

I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen.

Digitized by Google

Smith
Eng Ser

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

II. Persönliches.

III. Schrifttum.

Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ).

Bücher.

Buchbesprechungen.

Digitized by Google

IV. Verbandsnachrichten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

VDE-Bestimmungen.

(Änd. = Änderungen und Nachträge zu früheren Fassungen und bestehenden Bestimmungen. Entw. = vollständiger Abdruck von Entwürfen.)

Normblätter.

Prüfstelle des VDE.

Mitgliederversammlung.

Verschiedenes.

Bezirk Berlin.

(vormals Elektrotechnischer Verein.)

Einladungen.

Vorträge.

Andere Bezirke des VDE.

Fremde Vereine.

Digitized by Google

V. Geschäftliche Mitteilungen.

Digitized by Google

B. Namenverzeichnis.

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt. Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II des Sachverzeichnisses.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. — Bespr. = Besprechung. *Arch.* = Archiv f. Elektrotechn. Bd. 33 (1939). *E u M* = Elektrotechnik und Maschinenbau. — *Fachber.* = VDE-Fachberichte Bd. 11 (1939). — Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | **Berlin, 20. Juli 1939** | **Heft 29**

Die magnet-induktive Prüfung von Rohren.

Von Wilhelm Schirp VDE, Berlin.

DK 620.179.14

Übersicht. Für die zerstörungsfreie Prüfung von Rohr- und Stangenmaterial sind magnet-induktive Verfahren vorzugsweise geeignet. Es liegt in der Natur der Herstellungsverfahren begründet, daß Fehler in erster Linie in Längsrichtung verlaufen. Zum Nachweis solcher Fehler in Eisen- und Nichteisenrohren kommt nur die Wechselstromerregung in Frage. Die vorliegende Arbeit*) behandelt ein Wechselstromverfahren und untersucht den Einfluß der Meßfrequenz auf die Fehlerempfindlichkeit.

Den bekanntesten zerstörungsfreien Werkstückprüfverfahren, der Röntgen- und Gammadurchstrahlung und dem Magnetpulververfahren sind in vielen Fällen, z. B. bei der serienmäßigen Rohr- und Stangenprüfung, technische und wirtschaftliche Grenzen gesetzt.

Die Sicherheit des Fehlernachweises ist bei den Durchstrahlungsverfahren immer dann gering, wenn es sich um die Feststellung von Rissen und rißartigen Fehlern unbekannter Richtung und Ausdehnung handelt. Darüber hinaus bereitet die Durchstrahlung von Werkstücken ungleichmäßiger Wanddicke in Durchstrahlungsrichtung, also beispielsweise von Rohren und Stangen, erhebliche Schwierigkeiten, obwohl hier durch Anwendung von Schwermetall-Ausgleichstücken beträchtliche Fortschritte erzielt werden konnten.

Im Gegensatz zu den Durchstrahlungsverfahren ist das Magnetpulververfahren zum Nachweis feinster Risse und Einschlüsse geeignet, soweit sie nicht tiefer als einige Millimeter unter der Werkstückoberfläche liegen. Das Verfahren ist jedoch auf magnetisierbare Werkstoffe beschränkt. Für eine serienmäßige Prüfung von Rohr- und Stangenmaterial ist das Magnetpulververfahren ebenso wie die Durchstrahlungsverfahren zu umständlich. Dieser Nachteil läßt sich vermeiden, wenn man als Indikator des über einer Fehlstelle vorhandenen magnetischen Streufeldes nicht Magnetpulver, sondern z. B. die in einer schwingenden oder umlaufenden Spule induzierte EMK benutzt. Dieser Gedankengang führt zwangsläufig auf das magnet-induktive Meßprinzip, das daher auch bei fast allen bisher entwickelten Rohr- und Stangenprüfeinrichtungen genommen wurde. Wenn nur wenige dieser Verfahren praktische Bedeutung erlangt haben, so deshalb, weil sich der Fehlernachweis auf Fehler bestimmter Art, Lage und Richtung beschränkte, so daß u. U. schwerwiegende Fehler nicht erfaßt wurden.

Bei den in Walzmaterial, insbesondere Rohren und Stangen, auftretenden Fehlern handelt es sich fast ausschließlich um Risse, Überwalzungen und Schlackeneinschlüsse bzw. Oxydhäutchen. Es liegt in der Natur der Herstellungsverfahren begründet, daß diese Fehler vorzugsweise in Walz- bzw. Ziehrichtung (Längsrichtung) verlaufen. Bei Walzgut aus Nichteisenwerkstoffen treten allerdings, wie die Erfahrung zeigt, auch Querrisse an der Oberfläche auf, die herstellungsmäßig bedingt sind. Von einem idealen Rohrprüfverfahren ist demnach zu verlangen, daß es sowohl auf Längs- als auch auf Querfehler anspricht.

Je nachdem, ob die magnet-induktive Rohrprüfung mit Gleich- oder Wechselstromerregung erfolgt, ergeben sich grundsätzlich verschiedene Verhältnisse.

Ein Verfahren, daß von R. L. Sanford und W. B. Kouwenhoven 1919 angegeben wurde, arbeitet in der Weise (Abb. 1), daß um den Prüfling als Achse eine Magnetisierungsspule angeordnet ist, die, an eine Gleichspannung gelegt, im magnetisierbaren Prüfling ein Längsmagnetfeld erzeugt. Innerhalb der Magnetisierungsspule ist eine ein- oder mehrteilige Meßspule, die den Prüfling eng umschließt, vorgesehen. Die Enden der Meßspule sind an ein empfindliches Galvanometer geführt.

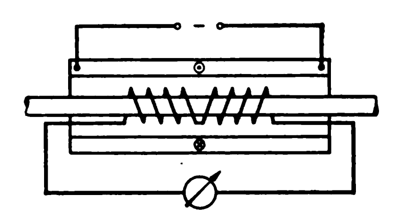


Abb. 1. Anordnung der Erregerspule und der Prüfspule bei Gleichstrommagnetisierung.

Das Verfahren ist nur für ferromagnetische Prüflinge anwendbar. Prüfling und Prüfvorrichtung müssen relativ zueinander in Feldrichtung bewegt werden, damit eine Anzeige erfolgt. Diese beruht darauf, daß über den senkrecht zur Flußrichtung verlaufenden Fehlstellen ein geringer Teil des den Prüfling durchsetzenden magnetischen Kraftflusses als Streufluß in Luft austritt und von der Meßspule nicht mehr erfaßt wird. Infolge dieser Flußdifferenz einerseits und der Relativbewegung zwischen Prüfling und Prüfvorrichtung anderseits wird in der Meßspule eine EMK induziert. Durch Anwendung einer mehrteiligen Prüfspule, deren Einzelspulen in Kompensationsschaltung arbeiten, wird erreicht, daß sich Flußänderungen infolge Schwankungen des Magnetisierungsstromes nicht auswirken, ferner, daß die beim Abschalten der Erregerspule in den Meßspulen induzierten EMKe sich gegeneinander aufheben, so daß das Galvanometer nicht gefährdet wird.

Das oben beschriebene Prüfverfahren spricht auf Permeabilitätsunterschiede an, die im wesentlichen quer zur Feldrichtung verlaufen, d. h. es werden nur Querfehler angezeigt. Längsfehler, die bei Stahlrohren fast

*) Die Dissertation: „Die magnet-induktive Prüfung von Rohren" wurde 1937 in der Reichs-Röntgenstelle beim Staatl. Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem angefertigt und am 10. 3. 1938 von der T. H. Berlin genehmigt. Herrn Dr. R. Berthold, dem Leiter der Reichs-Röntgenstelle, danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit und die wertvolle Unterstützung bei ihrer Durchführung.

ausschließlich auftreten, werden nicht nachgewiesen. Darüber hinaus sind aber bei diesem Verfahren der Anzeigeempfindlichkeit auch in bezug auf Querfehler enge Grenzen gesetzt. Wie zuerst von Wever und Otto näher untersucht wurde, erstreckt sich die Fehleranzeige nicht nur auf Werkstoffehler im Sinne der Abnahmeprüfung, sondern auch auf andere Material- und Werkstückzustände, die die Güte des Prüflings nicht beeinträchtigen. Die beobachteten magnet-induktiven Anzeigen waren außer durch Werkstoffehler im eigentlichen Sinne zum Teil durch Kaltwalzstellen oder durch Kalthärtungen infolge des Nachrichtens und auch durch geringe periodische Durchmesserschwankungen verursacht. Alle Verfahren, die mit Gleichstrommagnetisierung arbeiten, also nur auf Permeabilitätsunterschiede ansprechen, bergen die oben genannte Gefahr in sich.

Das zuerst von Sanford und Kouwenhoven und später von Wever und Otto benutzte Verfahren ist nicht nur mit Gleichstromerregung, sondern auch mit Wechselstromerregung durchführbar. Charakteristisch für die Wechselstromerregungsverfahren ist immer, daß eine Relativbewegung zwischen Prüfspulen und Prüfling wegen des jetzt zeitlich periodisch veränderlichen magnetischen Flusses nicht mehr erforderlich ist, ferner, daß im Prüfling transformatorisch Wirbel- bzw. Kurzschlußströme erzeugt werden, die sowohl bei ferromagnetischen wie insbesondere auch bei nichtferromagnetischen metallischen Werkstoffen zum Nachweis von in Feldrichtung verlaufenden Fehlern nutzbar gemacht werden können. Diesen Vorteilen der Wechselstromerregung steht als Nachteil die Verringerung der Tiefenwirkung als Folge der auftretenden Stromverdrängung und Feldverdrängung gegenüber.

Der Nachweis von Längsfehlern bei Wechselstromerregung beruht darauf, daß der im Prüfling erzeugte Kurzschlußstrom durch die Fehlerstelle verkleinert und damit die Rückwirkung des sekundären Magnetfeldes auf das primäre Feld herabgesetzt wird. Dies bedeutet, daß bei zwangsläufig konstantem Primärfeld das resultierende Feld vergrößert wird.

Der Gedanke, Fehler mit Hilfe im Prüfling erzeugter Kurzschlußströme nachzuweisen, wurde meines Wissens zuerst von Gerlach ausgesprochen. Verschiedene Verfahren machten von dieser Möglichkeit in der Anwendung auf ferromagnetische Prüflinge schon vorher Gebrauch. Eine klare Erkenntnis des dem Fehlernachweis zugrunde liegenden Prinzips der Wirbelstromerzeugung im Prüfling hat jedoch nicht vorgelegen, so daß wegen der aus diesem Grunde unzweckmäßigen Prüfanordnungen die Erfolge unbefriedigend waren.

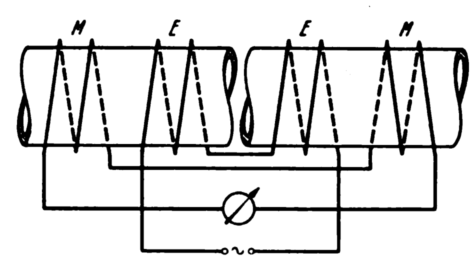


Abb. 2. Anordnung zweier Erregerspulen mit je einer Meßspule bei Wechselstrommagnetisierung.

Wird statt Gleichstromerregung bei dem in Abb. 1 skizzierten Verfahren Wechselstromerregung genommen, so ergibt sich nur eine relativ geringe Anzeigeempfindlichkeit für Längsfehler. Die Ursache hierfür ist, daß bei Anordnung zweier Meßspulen innerhalb oder neben einer Erregerspule das magnetische Feld in axialer Richtung im Bereich der Spulenanordnung praktisch homogen verläuft, so daß ein Längsfehler sich auf die von den beiden Meßspulen umschlossenen resultierenden Felder praktisch gleich stark auswirkt.

Dieser Nachteil wurde bei der vom Verfasser gewählten Prüfanordnung (Abb. 2) dadurch vermieden, daß statt einer zwei Erregerspulen an örtlich getrennten Stellen angeordnet werden. Eine gegenseitige magnetische Beeinflussung der beiden elektrisch in Reihe geschalteten Erregerspulen ist je nach dem Abstand ganz oder nur z. T., soweit erforderlich, vermieden. Die Meßspulen sind so hintereinander geschaltet, daß sich die in ihnen induzierten EMKe normalerweise aufheben. Die beiden aus je einer Erreger- und einer Meßspule bestehenden Spulensysteme können nicht nur auf getrennten Stellen desselben Prüflings, sondern auch über je einer Stelle des Prüflings und eines diesem ähnlichen nicht fehlerhaften Vergleichstücks angebracht werden.

Bei Anordnung beider Spulensysteme über getrennten Stellen desselben Prüflings wird jeder Fehler zweimal, und zwar beim Eintritt in die erste und beim Austritt aus der zweiten Erregerspule angezeigt.

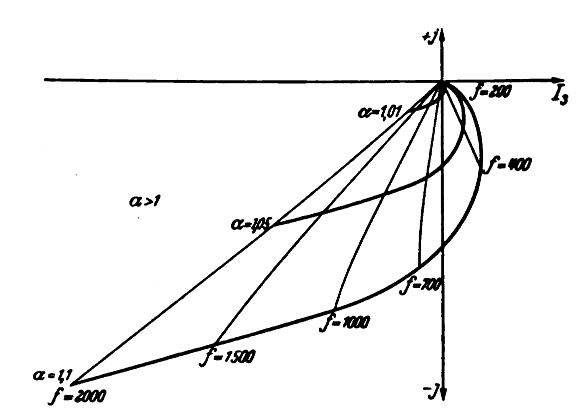


Abb. 3. Ortskurve des Vektors $V = U_{0}/I_3$ für die Frequenz f als veränderlichen Parameter. Aluminiumrohr: 38 mm Außendurchmesser, 1 mm Wanddicke.

Über gesunden Stellen des Prüflings sollen sich die in den Meßspulen induzierten EMKe gegeneinander aufheben. Infolge unvermeidlicher Unsymmetrien der beiden Spulensysteme läßt sich diese Bedingung ohne besondere Hilfsmittel nicht erfüllen. Da die EMKe der Meßspulen sowohl nach Betrag wie Phase voneinander abweichen können, müssen mit einem geeigneten Kompensationsverfahren beide Größen beeinflußbar sein. Die verschiedenen möglichen Lösungen können immer als Brückenschaltungen gedeutet werden.

Die Berechnung der über Fehlstellen auftretenden Differenzspannung in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußgrößen wie Frequenz, Abmessungen der Prüfspulen und Fehlerabmessungen usw. ist für nichtferromagnetische Prüflinge durchführbar, nicht jedoch für ferromagnetische. Denn die Abhängigkeit der Permeabilität von der Erregerfeldstärke ist auch dann, wenn sie an sich bekannt ist, wegen der ungleichmäßigen Feldverteilung im Prüfling in der Rechnung doch nicht zu berücksichtigen. Auf die Rechnung selbst kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.

Abb. 3 zeigt die berechnete Ortskurve des Vektors: $V = U_{D_f}/I_3$ (U_{D_f} Maximalwert der Differenzspannung, über der Fehlstelle, I_3 Erregerstrom) für verschiedene relative Widerstandserhöhungen α (Verhältnis des wirksamen Widerstandes des Prüflings im Bereich einer Fehlstelle zu dem bei gesundem Prüfling) in Abhängigkeit von der Meßfrequenz. Da die Differenzspannung bei gleichem Erregerstrom I_3 einsinnig mit der Frequenz anwächst, müßte es zweckmäßig sein, mit hohen Meßfrequenzen zu arbeiten. Tatsächlich liegen die Verhältnisse nicht so einfach, da für die Wahl der Frequenz noch andere Gesichtspunkte maßgebend sind. Zunächst läßt sich mit den oben erwähnten Kompensationsverfahren die Differenzspannung über gesundem Prüfling nicht gänzlich zu null machen. Es verbleibt immer eine unkompensierte Rest- oder „Nullspannung" U_{D_0}, die mit wachsender Frequenz zuerst langsam, oberhalb von 500

Digitized by Google

bis 1000 Hz jedoch sehr stark ansteigt. Da für die Fehlererkennbarkeit nicht der absolute Betrag der über einer Fehlstelle auftretenden Differenzspannung, sondern der Verhältniswert dieser Differenzspannung zu der Restspannung über gesundem Prüfling, $\varepsilon = U_{Df}/U_{D_0}$, maßgebend ist, wird nach dem oben Gesagten im allgemeinen eine optimale Frequenz vorhanden sein, für die die Fehlererkennbarkeit, gekennzeichnet durch ε, ein Maximum wird.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt für die Wahl der Meßfrequenz ist die Tiefenwirkung des Verfahrens. Infolge der auftretenden Strom- und Feldverdrängung nimmt die Tiefenwirkung mit wachsender Frequenz schnell ab. Eine genaue rechnerische Ermittlung der Strom- und Feldverteilung ist bei dem vorliegenden Problem nicht möglich, da sich unintegrierbare Differentialgleichungen ergeben. In erster Annäherung kann jedoch auf die für prismatische Leiter bekannten Näherungslösungen zurückgegriffen werden. Stromdichte und Feldstärke nehmen von der Oberfläche aus nach dem Innern hin angenähert exponentiell ab und ändern gleichzeitig ihre Phase gegenüber den Randwerten. Der Abstand vom Rande, bei dem der Betrag auf den $\frac{1}{e^{2\pi}}$ ten Teil abgefallen ist, wird allgemein als Eindringtiefe bezeichnet. Außer der Eindringtiefe ist noch die „äquivalente Leitschichtdicke" von Interesse, die dem Gleichstrom denselben Widerstand entgegensetzt wie der vollständige Leiter gleichen Umfangs dem Wechselstrom.

Im allgemeinen sind in Längsrichtung verlaufende Fehler an der Innenfläche von Rohren so lange nachweisbar, als die Wanddicke des betreffenden Rohres nicht größer als die errechnete Eindringtiefe ist.

Experimentelle Ergebnisse.

Um zahlenmäßige Anhaltspunkte über die erreichbare Fehlererkennbarkeit zu gewinnen, wurde an künstlich hergestellten Fehlern in Nichteisenrohren der Verhältniswert $\varepsilon = U_{Df}/U_{D_0}$ gemessen. Die Versuchsanordnung ist in Abb. 4 wiedergegeben. Als Niederfrequenz-

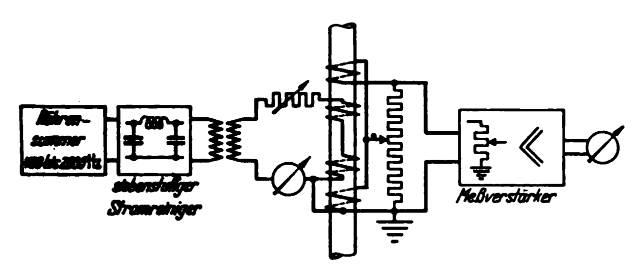


Abb. 4. Versuchsanordnung für die Prüfung von Nichteisenrohren.

erzeuger fand ein Röhrensummer ($f = 400$ bis 2000 Hz) Verwendung, der über einen Stromreiniger und einen Anpassungsübertrager an die Erregerspulen der eigentlichen Prüfvorrichtung gelegt wurde. Die Enden der Meßspulen sind über ein abgeschirmtes Kabel mit den Eingangsklemmen eines Niederfrequenz-Meßverstärkers verbunden.

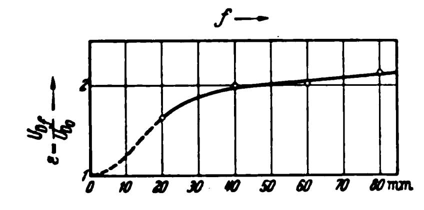


Abb. 5. $\varepsilon = U_{Df}/U_{D_0}$ für verschieden lange, 0,25 mm tiefe, 1 mm breite Außenfehler in Aluminiumrohr von 38 mm Außendurchmesser und 1 mm Wanddicke, Frequenz 480 Hz.

An einem Aluminiumrohr von 38 mm Außendurchmesser und 1 mm Wanddicke wurde $\varepsilon = U_{Df}/U_{D_0}$ für in Längsrichtung verlaufende, 0,25 mm tiefe und 1 mm breite Außenfehler verschiedener Länge ermittelt (Abb. 5). (Die Breite des Fehlers ist für die Fehlererkennbarkeit nur von untergeordneter Bedeutung.) Die kleinste noch gut nachweisbare Fehlerlänge fällt praktisch mit der Breite der verwendeten Erregerspulen zusammen. Bei größeren Fehlerlängen steigt ε nur noch geringfügig an, da sich der Fehler dann fast über den gesamten vom Kurzschlußstrom erfüllten Rohrabschnitt erstreckt.

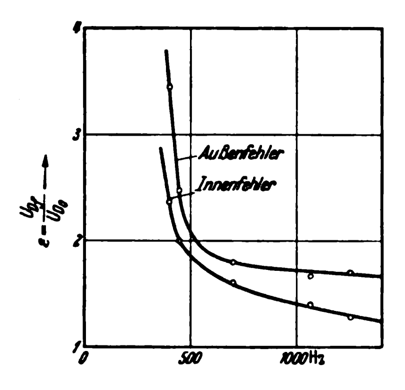


Abb. 6. $\varepsilon = U_{Df}/U_{D_0}$ für einen 40 mm langen, 0,25 mm tiefen, 1 mm breiten Außenfehler und Innenfehler in Aluminiumrohr von 38 mm Außendurchmesser und 1 mm Wanddicke in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen.

Abb. 6 stellt ε für einen 40 mm langen, 0,25 mm tiefen und 1 mm breiten Längsfehler, der in einem Fall an der Außenfläche, im anderen Fall an der Innenfläche eines Aluminiumrohres von 38 mm Außendurchmesser und 1 mm Wanddicke liegt, in Abhängigkeit von der Frequenz dar. Der Innenfehler ist bei der größten untersuchten Frequenz (1250 Hz) noch einwandfrei nachweisbar. Die Fehler-

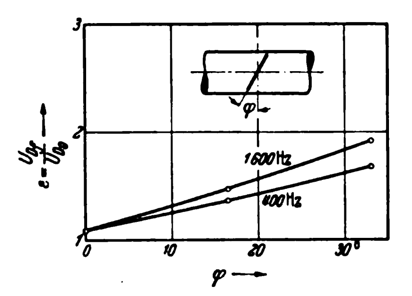


Abb. 7. $\varepsilon = U_{Df}/U_{D_0}$ für verschiedene außen liegende Querfehler in Aluminiumrohr von 39 mm Außendurchmesser und 1,5 mm Wanddicke. Querschnittschwächung 8,5 %.

erkennbarkeit ist bei 500 Hz für Innen- und Außenfehler noch nicht stark verschieden. Wesentlich größer ist dieser Unterschied bei einem Aluminiumrohr von 38 mm Außendurchmesser und 4 mm Wanddicke für einen einmal innen, einmal außen angebrachten Fehler von 40 mm Länge, 1 mm Tiefe und 1 mm Breite. Der Innenfehler ist zwar bei 500 Hz noch einwandfrei nachweisbar, jedoch beträgt ε weniger als die Hälfte des bei dem entsprechenden Außenfehler gemessenen Wertes. Bei einer Frequenz, für die die Eindringtiefe nur noch die Hälfte der Wanddicke ausmacht (2000 Hz), ist der Innenfehler nicht mehr nachweisbar.

Zur Untersuchung der Nachweisbarkeitsgrenzen für Querfehler wurden in einem Aluminiumrohr von 39 mm Außendurchmesser und 1,5 mm Wanddicke mehrere (nicht durchgehende!) Einschnitte in verschiedenen Winkeln zur Rohrnormalen angebracht. Die durch die Einschnitte hervorgerufene Querschnittschwächung betrug, auf den Rohrquerschnitt bezogen, in den drei Fällen rd. 8,5 %. Wie die beiden in Abb. 7 für eine Frequenz von 400 Hz und 1600 Hz wiedergegebenen Kurven erkennen lassen, ist der reine Querfehler bei dieser Querschnittschwächung noch soeben nachweisbar. Sobald mit zunehmender Schräglage des Fehlers eine Längskomponente auftritt, nimmt ε zu, in dem untersuchten Bereich kleiner Winkel φ zwischen Fehlerrichtung und Rohrnormalen angenähert proportional mit φ.

Die Prüfung von Stahlrohren bereitet aus den an früherer Stelle geschilderten Gründen wesentlich größere Schwierigkeiten als die Untersuchung von Nichteisenrohren. Die Entwicklung ist hier noch keineswegs ab-

Digitized by Google

geschlossen. Auf die Wiedergabe von Meßergebnissen wird daher verzichtet.

Das Prüfgerät für Nichteisenrohre besteht im wesentlichen aus der über den Prüfling zu schiebenden Prüfvorrichtung mit den Erreger- und Meßspulen und den Kompensationsmitteln, dem Niederfrequenzerzeuger, dem Röhrenverstärker und der Anzeige- und Registriervorrichtung. Ein empfindliches Lichtzeigergalvanometer dient als Anzeigeinstrument. Der Ausschlag kann sowohl auf einer Mattscheibe beobachtet als auch auf einem Filmstreifen aufgezeichnet werden. Die Fehlerimpulse dienen gleichzeitig zur Betätigung eines Relais, das den Stromkreis einer Signallampe schließt. Die Prüfgeschwindigkeit beträgt 1 bis 1,5 m/s, kann jedoch durch geeignete Maßnahmen noch gesteigert werden.

Zusammenfassung.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit werden die Gründe dargelegt, die die magnet-induktiven Verfahren gegenüber anderen zerstörungsfreien Prüfverfahren für eine serienmäßige Rohr- und Stangenprüfung besonders geeignet machen. Es wird alsdann auf die bei der magnetinduktiven Rohrprüfung auftretenden Probleme und Schwierigkeiten eingegangen. Die gewählte Prüfanordnung wird begründet und näher behandelt. Die Nachweisbarkeitsgrenzen für Längs- und Querfelder in Aluminiumrohren werden unter Berücksichtigung der Frequenz, der Fehlerlage und der Fehlerabmessungen näher untersucht.

Aus dem Schrifttum:

1. R. Berthold u. W. Schirp, Die Grundlagen des Magnetpulververfahrens. Sonderheft „Maschinenschaden" Juni 1937.
2. W. Schirp, Ergebnisse, neue Möglichkeiten und Grenzen der magnetischen Werkstückprüfung, Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 235.
3. R. L. Sanford, W. M. B. Kouvenhoven, Proc. Amer. Soc. Test. Mater. 19 (1919) S. 81.
4. F. Wever, A. Otto, Über ein magnetisches Verfahren zur Prüfung von Kesselrohren. Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 12 (1930) S. 389.
5. E. Gerold, Werkstoffprüfung mittels magnetischer Arbeitsverfahren, Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 428.
6. W. Gerlach, Eine magnetische Materialprüfungsmethode, Z. Metallwirtsch. (1929) S. 875.
7. W. Gerlach, Z. techn. Phys. 15 (1934) S. 467.

Die Bemessung der Isolation elektrischer Hochspannungsanlagen.

Von **W. Estorff VDE**, Berlin.

(Schluß von S. 831.)

DK 621.311.1 + 621.315.62 + 621.316.027.3

Die Schutzmaßnahmen gegen Gewitterstörungen.

Den Einflüssen atmosphärischer Überspannungen auf die Übertragungsleitungen kann man vorbeugend durch Verlegung derselben als Kabel im Erdreich begegnen oder durch Abschirmung gegen Einflüsse elektrischer Felder aus der Atmosphäre durch ein oder mehrere Erdseile, die wir als grob verkümmerten Faradayschen Käfig ansprechen können. Betrachtungen von A. Schwaiger[28]) und experimentelle Untersuchungen von Matthias[29]) haben auf die Bedeutung hingewiesen, die der zweckmäßigen Lage der Erdseile in der Anlage zukommt, um unmittelbare Blitzeinschläge von den Leitungen auf sich abzulenken. Das Erdseil vermag nicht nur die Leitung vor unmittelbaren Blitzschlägen zu schützen, sondern vermindert auch die Höhe der mittelbar durch Blitzschläge in die Leitung induzierten Spannungen in dem Maße wie das Erdseil die Kapazität der Leitung nach Erde erhöht. Läßt sich die gesamte Leitung nicht mit Erdseilen versehen, so bietet doch die Ausrüstung der ankommenden und abgehenden Leitungen in einer gewissen Länge, z. B. bis 1 km vor und hinter den Stationen, den Vorteil, daß in diesem Bereich die Leitungen nicht selbst vom Blitz getroffen werden können, und daß von außen her einziehende Wanderwellen durch den Wellenwiderstand der Leitung selbst gedämpft werden[30]). Im übrigen erfahren die Wanderwellen durch die auftretenden Koronaverluste in ihrer Höhe und Steilheit[31]) eine sehr wirksame Umgestaltung.

Der Schutz durch Erdseile wäre wenig wirksam, wenn nicht die Erdwiderstände der zugehörigen Maste je nach Geländeverhältnissen durch sorgfältige Rohr- und Strahlenerder so klein wie wirtschaftlich möglich gemacht werden. Man muß hierbei die Abweichungen in der Größe des Erdwiderstandes berücksichtigen, die zwischen der Messung mit Wechselspannung und mit Spannungsstoß auftreten[32]). Um bei Leitungen von 60 kV aufwärts rückwärtige Mastüberschläge bei Stoßströmen von 50 kA bzw. 100 kVA im Blitzkanal[33]) auszuschließen, muß der in dem Erdwiderstand des Mastes auftretende Spannungsabfall stets kleiner sein als die 50 %-Stoßüberschlagspannung der Freileitungsisolatoren. Hierzu sind niedrige Erdwiderstände von rd. 10 bis 5 Ω bei 60 kV erforderlich. Unter 60 kV Nennspannung werden die Anforderungen an die Güte der Masterdung unwirtschaftlich hoch, so daß man rückwärtige Mastüberschläge nicht vermeiden kann.

Erfolgen die Überschläge zwischen Leitung und Mast nur einpolig[34]), was nach statistischen Erhebungen in 80 bis 85 % aller Fälle von Überschlägen der Fall ist, so tritt bei unseren deutschen Netzen, die zum überwiegenden Teil mit einem über Erdschlußlöschspulen geerdeten Sternpunkt betrieben werden, die sofortige Löschung des Lichtbogens ein, ohne daß sich der Lichtbogen zu einem Kurzschluß zwischen zwei oder drei Leitern auswächst. Die Kurzschlußfortschaltung[35]) bzw. Kurzschlußlöschung[36]) durch eine sehr kurzdauernde beiderseitige Abschaltung der Leitung nach amerikanischem Vorbild[37]) läßt es aussichtsreich erscheinen, einen weiteren Teil an Betriebsunterbrechungen von den restlichen 15 bis 20 % der zwei- oder dreipolig auftretenden Erdschluß- und Kurzschlußlichtbögen zu vermeiden. Im Laufe dieses Jahres werden auch in Deutschland Betriebsergebnisse mit dieser Schutzschaltung vorliegen und nachweisen, wieweit es gelingt, damit ein Außertrittfallen der über Fernleitungen parallelarbeitenden Stromquellen wirksam zu verhindern.

Von der Freileitung können Vollwellen von der Höhe der 50 %-Stoßüberschlagspannung der Freileitungsisolation und abgeschnittene Wellen von noch größerem Scheitelwert in die Station einziehen, die nach Abb. 9 und 10 Überschläge und Beschädigungen der Stationsisolatoren herbeiführen können. Die Anordnung einer

---

[28]) Schwaiger, ETZ 58 (1937) S. 507; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 55 (1937) S. 369.

[29]) Matthias, ETZ 58 (1937) S. 881, 928, 973. — A. Matthias u. W. Burkhardtsmaier, ETZ 60 (1939) H. 23, S. 681 u. H. 24, S. 720.

[30]) C. A. Powel, El. Light Power Juni 1938, — V. M. Montsinger, Gen. Electr. Rev. 40 (1937) S. 454.

[31]) W. Förster, ETZ 56 (1935) S. 530.

[32]) Grünewald u. Zaduk, ETZ 57 (1936) S. 1079, 1108. L. V. Bewley Electr. Engng. 55 (1936) S. 342.

[33]) Grünewald u. a. ETZ 58 (1937) S. 1213.

[34]) E. Bell, Electr. Engng. 53 (1934) S. 1188; Electr. Engng. 55 (1936) S. 1306.

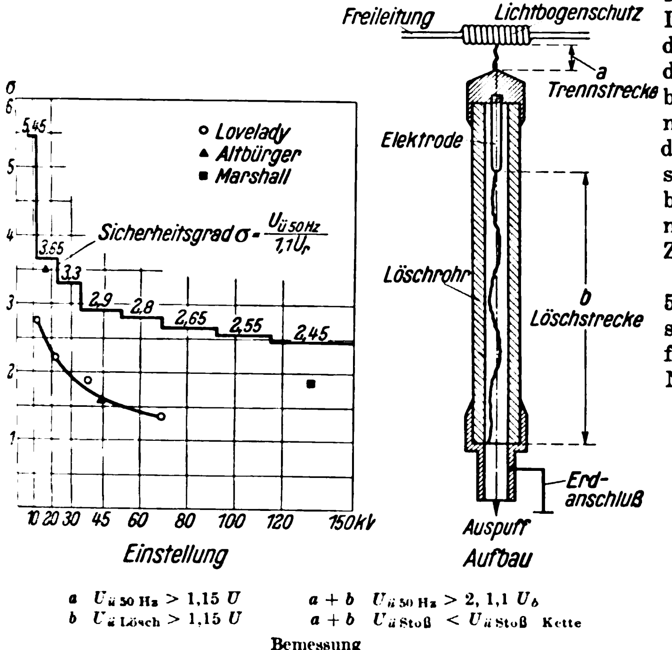
[35]) O. Mayr, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 32.

[36]) W. Kaufmann, ETZ 60 (1939) S. 241.

[37]) Sporn u. Prince, Electr. Engng. 56 (1937) S. 81, 100; Schwager, Electr. Engng. 56 (1937) S. 968.

Digitized by Google

sog. „schwachen Stelle“ kurz vor der Station würde zwar den Überschlag von lebenswichtigen Teilen der Anlage fernhalten, aber Lichtbogen-, Erd- und Kurzschlüsse nach sich ziehen, die zu einer, wenn auch kurzzeitigen Betriebsunterbrechung führen würden. Wir finden trotzdem die „schwache Stelle“ heute noch in großer Zahl in unseren Anlagen, z. B. als Parallelfunkenstrecke an Transformatordurchführungen, um die Wicklung vor Innendurchschlägen zu schützen. Die Einstellung erfolgt in Deutschland meist gemäß der Schlagweite der Innenraumgeräte[38]).



a $U_{ü\,50\,Hz} > 1{,}15\,U$ $a+b$ $U_{ü\,50\,Hz} > 2{,}\ 1{,}1\,U_b$

b $U_{ü\,Lösch} > 1{,}15\,U$ $a+b$ $U_{ü\,Stoß} < U_{ü\,Stoß\ Kette}$

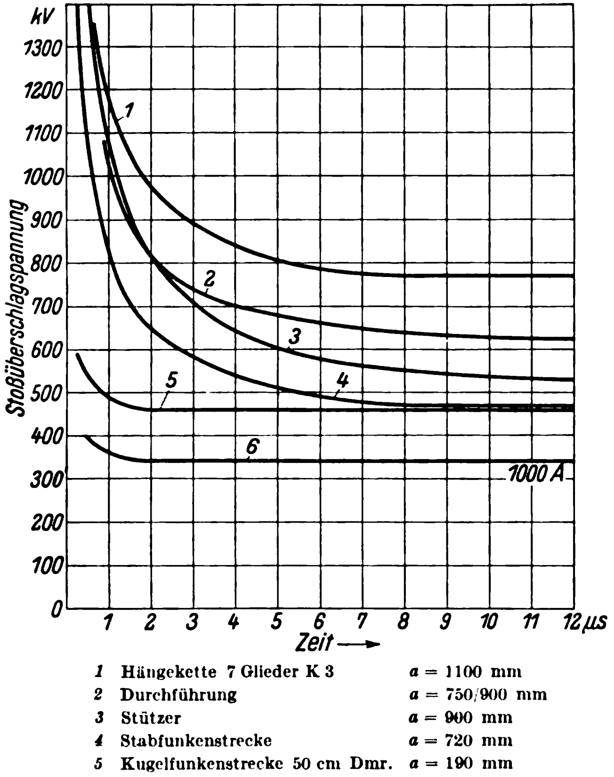
Bemessung

Abb. 12. Selbstlöschende Schutzfunkenstrecke. Einstellung, Bemessung und Aufbau.

Man hat schon seit langem versucht, die „schwache Stelle“ mit Mitteln zur selbsttätigen Löschung des nachfolgenden Betriebsstromes auszurüsten. Die früheren Überspannungsschutzgeräte waren mit Einrichtungen versehen, um den nachfolgenden Betriebsstrom durch Hörnerfunkenstrecken in Luft oder kleine Schalter unter Öl zu unterbrechen. Diese Geräte hatten eine nur sehr geringe Schutzwirkung, da man ihr Stromdurchlaßvermögen zugunsten der Selbstlöschung des Gerätes weitgehend einschränken mußte.

Die selbstlöschende Funkenstrecke, von der heute auf amerikanischen und englischen Freileitungen oft Gebrauch gemacht wird, soll in Anlagen mit geerdetem Sternpunkt Überschläge über Leitungsisolatoren verhindern, die nicht nur Betriebsunterbrechungen zur Folge haben, sondern auch häufig zum Abschmoren der Leitungsseile führen würden. Man hat in Amerika anfänglich Schutzfunkenstrecken mit Hochspannungssicherungen in Reihe geschaltet angewendet, um den dem Überschlag dieser Funkenstrecke nachfolgenden Betriebsstrom zu unterbrechen. Die Schwierigkeit eines rechtzeitigen Austausches der durchgebrannten Sicherungen verhinderte s. Z. die weitere Einführung dieser Schutzeinrichtung. Neuerdings ist jedoch ein größeres amerikanisches Netz mit Schutzfunkenstrecken mit je fünf selbsttätig nach dem Durchbrennen nachrückender Hochspannungssicherungen der Ausblastype hinter der eigentlichen Schutzfunkenstrecke ausgerüstet worden[39]). Torok[40]) hat diese Schutzvorrichtung (Deion-Gap) verbessert, die aus einer Vorfunkenstrecke und einem wie eine Auspuffsicherung wirkenden Löschrohr in Reihe besteht, das den nachfolgenden Betriebsstrom unterbricht. Die für die Bemessung beider Funkenstrecken nötigen Vorbedingungen sind unter der schematischen Schnittzeichnung eines derartigen Löschrohres in Abb. 12 angegeben. Das Löschrohr wird aus Stoffen, z. B. Hartgummi oder Fiber, hergestellt, die unter Einwirkung der hohen Lichtbogentemperatur in Gase und Dämpfe zerlegt werden, ohne jedoch dabei verkohlte stromleitende Rückstände zu bilden. Die vorgeschaltete Lufttrennstrecke verhindert durch Abriegelung der Betriebsspannung die Bildung von Kriechpfaden über die äußere und innere Oberfläche des Löschrohres. Nachteilig ist das fortschreitende Ausbrennen des Löschrohres bei mehrfachem Ansprechen und Löschen des nachfolgenden Betriebsstromes. Die Weite der Innenbohrung, die Anordnung der Elektroden und die mechanische Festigkeit des Löschrohres müssen vom Hersteller der zu erwartenden höchsten Kurzschlußstromstärke des zu schützenden Netzes angepaßt werden. Vom Betriebe muß berücksichtigt werden, daß innerhalb eines bestimmten niedrigen Strombereiches jedes Löschrohr eine „tote“ Zone besitzt, in der keine Löschung erfolgt.

In Abb. 12 sind die Wechselüberschlagspannungen bei 50 Hz einer Reihe im Schrifttum erwähnter Funkenstrecken für verschiedene Betriebsspannungen im Vielfachen von $1{,}1\,U_r$, der Erzeugerspannung, angegeben. Nach der z. T. sehr niedrigen Einstellung zu urteilen,



1	Hängekette 7 Glieder K 3	a = 1100 mm
2	Durchführung	a = 750/900 mm
3	Stützer	a = 900 mm
4	Stabfunkenstrecke	a = 720 mm
5	Kugelfunkenstrecke 50 cm Dmr.	a = 190 mm
6	Überspannungsableiter	

Abb. 13. Stoßkennlinien von 100 kV-Isolatoren und -Funkenstrecken bei positiver Stoßwelle 0,5/50.

nimmt man ein gelegentliches Ansprechen bei aussetzenden Erdschlüssen und die damit verbundene schnellere Abnutzung zugunsten einer engeren Einstellung der Funkenstrecke mit in Kauf.

Soll eine Schutzfunkenstrecke ihrem Zweck, Überschläge von dem zu schützenden Gerät oder Anlagenteil fernzuhalten, voll entsprechen, so genügt es nicht, daß ihre 50 %-Stoßüberschlagspannung mit einem gewissen Sicherheitszuschlag unterhalb der 50 %-Stoßüberschlagspannung ihres Schützlings liegt. Sie muß vielmehr auch beim Auftreffen steilerer Stoßwellen oder solcher von

[38]) Wie Fußnote 4: REH. 1937, § 23. Tafel II.
[39]) Lovelady, Electr. Wld. 109 (1938) S. 1045.
[40]) Torok, AIEE Lightning Reference Book (1918···35) S. 928 und Torok u. Opsahl, Electr. J. 29 (1932) S. 130.

Digitized by Google

höherem Scheitelwert diese Eigenschaft beibehalten. In Abb. 13 ist die Stoßüberschlagspannung einer Anzahl von Anordnungen in Abhängigkeit von der Überschlagszeit in µs aufgetragen, nämlich für eine Hängeisolatorenkette von 7 Gliedern K 3, eine Freiluftdurchführung Reihe 100 ohne Kondensatoreinlagen und für einen Freiluftstützer Reihe 100. Unter diesen drei Stoßkennlinien ist die einer Stabfunkenstrecke dargestellt, die auf die Innenraum-Schlagweite 720 mm der Reihe 100 eingestellt ist. Im Gebiete kleinerer Überschlagszeiten zeigt diese Kennlinie einen etwas steileren Verlauf als die der vorgenannten drei Isolatoren. In Abb. 13 ist als Funkenstrecke mit einem gleichmäßigeren Feldbild eine Kugelfunkenstrecke mit 190 mm Schlagweite und 500 mm Elektrodendurchmesser eingezeichnet, die den Wert ihrer 50 %-Stoßüberschlagspannung auch beim Auftreffen stark überschießender Stoßwellen beibehält. Erst unterhalb einer Überschlagszeit von 2 µs macht sich ein Ansteigen der Kennlinien bemerkbar. Man verwendet bei neuzeitlichen Überspannungsableitern mit Vorteil Kugelfunkenstrecken als Vorfunkenstrecken, die man zum Schutz gegen die Unbilden der Witterung, Staub, Fremdkörper und Insekten in luftdicht verschlossenen Porzellangehäusen unterbringt. In die Abb. 13 ist die Begrenzungsspannung eines Überspannungsableiters für 100 kV bei einem Ableitstrom von 1000 A eingetragen, welche die gleiche Unabhängigkeit von der Steilheit der Welle wie die obengenannte Kugelfunkenstrecke aufweist. Die Kennlinie des 100 kV-Ableiters liegt noch unterhalb der Kennlinie der 500 mm-Kugelfunkenstrecke und zeigt, daß der Ableiter Überschläge von der Anlage fernhält.

Überspannungsableiter.

Abb. 14 zeigt den inneren Aufbau eines neuzeitlichen Überspannungsableiters nebst Ersatzbild. Die vorgeschaltete Kugelfunkenstrecke wirkt wie ein Schnell-

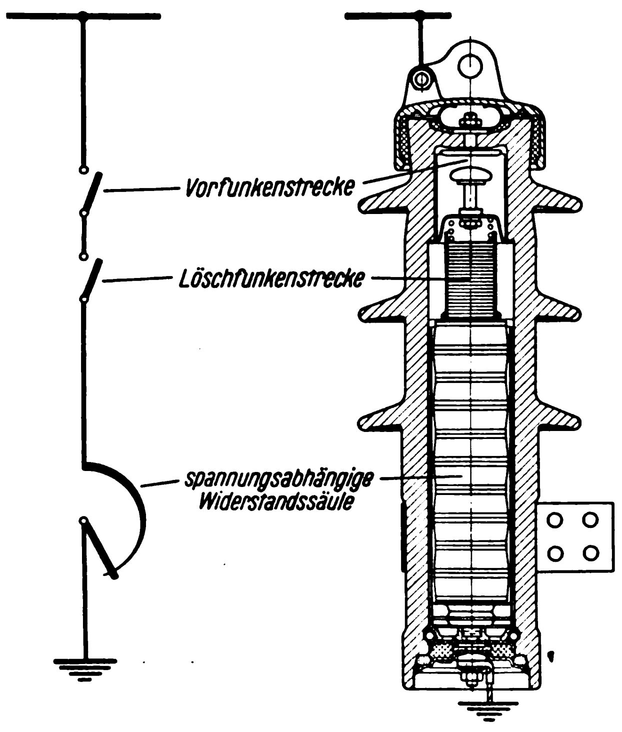


Abb. 14. Überspannungsableiter. Ersatzschaltbild und Längsschnitt.

schalter, der die zu schützende Leitung beim Überschreiten der Ansprechspannung des Ableiters über einen spannungsabhängigen Widerstand mit Erde verbindet. Dieser Widerstand ändert bei hohen Überspannungen seinen Wert von einigen Millionen Ohm bis herunter auf einige wenige Ohm und nimmt bei Zurückgehen der Spannung auf die Betriebsspannung wieder einen hohen Wert an. Der über ihn nachfließende Betriebsstrom von einigen Zehnern von Ampere wird schließlich von der als Selbstschalter wirkenden Löschfunkenstrecke unterbrochen. Man ordnet die Überspannungsableiter zweckmäßig als schwache Stelle zum Schutz gegen Überspannungen am Eingang der Freileitungen in die Station an, ähnlich wie man Teile der Anlage durch Vorschalten von Sicherungen oder selbsttätigen Schaltern gegen Überströme und Kurzschlüsse schützt. Einlaufende und abgehende Leitungen sollen sinnentsprechend mit eigenen Ableitern ausgerüstet werden. Abb. 15 zeigt das Bild einer 100 kV-Frei-

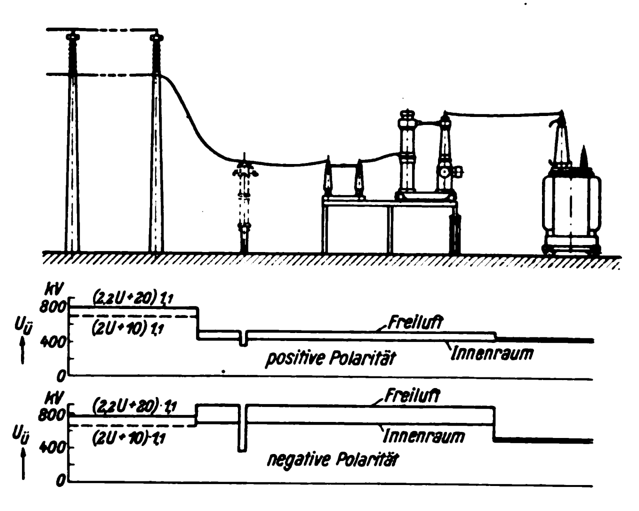


Abb. 15. 50 %-Stoßüberschlagspannungen von Freileitung und Station mit Überspannungsableiter für 100 kV.

luftstation mit davor eingebautem Überspannungsableiter. Unter dieser Skizze sind die 50 %-Stoßüberschlagspannungen der nach der „strengen“ und der „milden“ Formel isolierten Freileitung angegeben. In der Station sind die entsprechenden Spannungswerte getrennt für Freiluft- und Innenraumgeräte angegeben. Die Durchführung des Freilufttransformators ist durch eine Parallelfunkenstrecke geschützt, die auf die genormte Innenraumschlagweite von 720 mm eingestellt ist. Für positive und negative Stoßwellen ergeben sich infolge des verschiedenen Verhaltens der Stützer und Durchführungen zwei verschiedene Bilder. Es ist zu beachten, daß bei Auftreffen steilerer und höherer Wellen sowohl Freileitungs- wie Stationsisolatoren und die parallele Stabfunkenstrecke erheblich höhere Stoßspannungen als ihre 50 %-Stoßüberschlagspannung durchlassen können, welche die Innenisolation des Transformators beanspruchen. Der Ableiter hat die Aufgabe, in jedem Fall die Spannung auf einen Wert zu begrenzen, der mit Sicherheit von allen Anlageteilen ausgehalten wird, ohne daß Überschläge oder Durchschläge auftreten. Seine Begrenzungsspannung muß hierzu unterhalb der 50 %-Stoßüberschlagspannung der Schutzfunkenstrecke an der Transformatordurchführung liegen.

Der Überspannungsableiter muß noch eine Reihe weiterer Forderungen erfüllen, wenn er die Anlage einwandfrei schützen soll, ohne selbst dabei beschädigt zu werden. Abb. 16 dient zur Erläuterung der verschiedenen Begriffe von Spannungswerten, die hierfür in Frage kommen. Die „Stoßansprechspannung“, dargestellt in Vielfachen des Scheitelwertes der höchstzulässigen Betriebsspannung, für die der Ableiter verwendet werden darf, stellt den Spannungswert dar, bei dem sich der Ableiter von selbst zu der gefährdeten Leitung „zuschaltet“. Die „Begrenzungsspannung“ ist, wie das Kathodenstrahloszillogramm der Ableiterspannung über dem Ableitstrom zeigt, die höchste, bei einem gegebenen Strom an den Klemmen des Ableiters auftretende Spannung. Sie liegt bei 1000 A Ableitstrom beim rd. 2,5fachen Scheitelwert der höchstzulässigen Be-

Digitized by Google

triebsspannung am Ableiter, die ihrerseits 15 % über der Reihenspannung des Ableiters liegt. Die Ansprechspannung des Ableiters bei Stoß- und Wechselspannung soll tunlichst über dem Störpegel der häufiger auftretenden Schalt- und Erdschlußspannungen liegen, um eine thermische Überbeanspruchung seines Widerstandselementes zu verhindern. Seine „Begrenzungsspannung" muß unterhalb der 50 %-Stoßüberschlagspannung der zu schützenden Isolation liegen. Schließlich muß der Ableiter imstande sein, den jedem Ableitvorgang nachfolgenden Betriebsstrom bei der für den Ableiter höchstzulässigen Betriebsspannung einwandfrei zu löschen. Seine „Löschspannung" muß oberhalb der höchstmöglichen Betriebsspannung liegen.

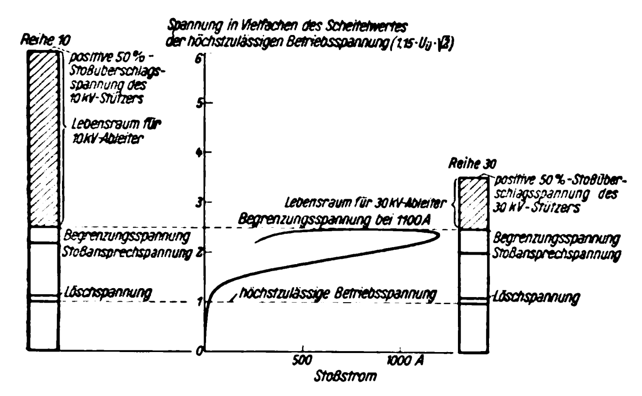


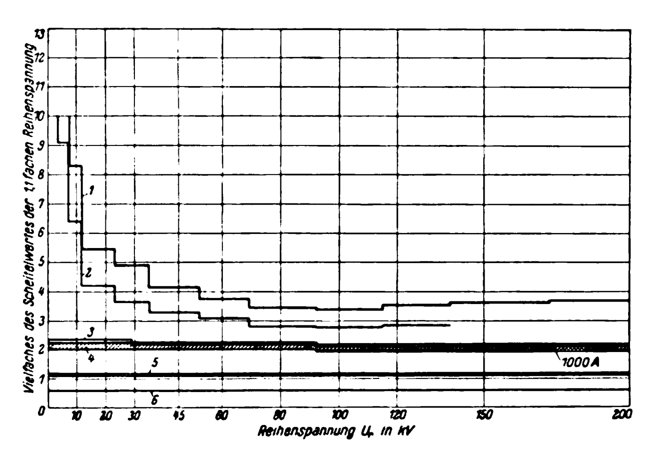
Abb. 16. Kathodenfallableiter. Charakteristische Daten und Schutzvermögen.

Lebensraum von Überspannungsableitern.

Wir nennen den Überschuß der 50 %-Stoßüberschlagspannung des schwächsten Teiles der Anlage (Stützer bei positiver Stoßwelle) über der Begrenzungsspannung den „Lebensraum" des Ableiters. Der Lebensraum des Ableiters für 10 kV — links in Abb. 16 — ist erheblich größer als der des Ableiters für 30 kV — rechts in Abb. 16.

In Abb. 17 ist der Stoßüberschlagsgrad für Innenraum- und Freiluftstützer bei Auftreffen einer positiven Stoßwelle 0,5|50 im Vielfachen der Scheitelwerte der 1,1fachen Reihenspannung über den verschiedenen Reihenspannungen aufgetragen. Darunter ist die Begrenzungsspannung der in Deutschland verwendeten Überspannungsableiter sowie deren Stoßansprechspannung eingetragen. Man ersieht, daß die Begrenzungsspannung für 1000 A praktisch mit der Stoßansprechspannung der Ableiter zusammenfällt. Ferner wird gezeigt, daß die Löschspannung der Ableiter überall oberhalb des 1,15fachen Wertes der Reihenspannung liegt.

Der Lebensraum der Ableiter für niedrigere Spannungen ist allgemein weitaus größer als bei den höheren Spannungen. Er ist ferner bei Freiluftgeräten größer als bei Geräten für Innenräume. In Freiluftanlagen stellen die an den Durchführungen der Transformatoren angebrachten, auf Innenraumschlagweite eingestellten Parallelfunkenstrecken den schwächsten Teil der Anlage dar. Die 50 %-Stoßüberschlagspannung dieser Parallelfunkenstrecken liegt jedoch wegen der vom Stützer grundsätzlich verschiedenen Form des elektrischen Feldbildes höher als bei den Stützern für Innenraum, und zwar etwa auf der Mitte zwischen den Werten für Innenraum- und Freiluftstützer. Aus Abb. 17 gewinnt man die Überzeugung, daß im besonderen die Isolation unserer Innenraumgeräte der Reihen 3, 6 und 10 erheblich reichlicher bemessen ist, als es notwendig wäre, wenn man die Anlage mit zweckentsprechenden Überspannungsschutzgeräten ausrüstete. Diese Überbemessung ist, wie oben bei Abb. 11 erwähnt, nur erfolgt, um das Ausmaß der durch mittelbare Gewittereinwirkung hervorgerufenen Störungen durch Überschläge in der Anlage einzugrenzen. Man wird sorgfältig nachprüfen müssen, ob sich bei den unteren Reihenspannungen durch Verkleinerung der heute üblichen Schlagweiten und Anwendung von Überspannungsschutzgeräten die Abmessungen der Geräte und der Raumbedarf der Schaltanlagen verringern lassen, ohne daß die Betriebssicherheit der Anlage eine Einbuße erfährt. Es sei an dieser Stelle daran erinnert, daß die Regeln für Anlasser und Steuergeräte[41]) z. B. bei Reihe 10 bereits seit vielen Jahren mit einer Schlagweite von 100 mm die besten Erfahrungen gemacht haben. Im Jahre 1932 wurde mit Rücksicht auf diese Tatsache in den LSG VDE 0111 § 4 der Begriff des „eingeschränkten Sicherheitsgrades" geschaffen, der jedoch nach unserem Dafürhalten keine innere Berechtigung hat. Offensichtlich haben die Anlasser mit 100 mm Schlagweite bei 10 kV Nennspannung in Luft allen Schalt- und Erdschlußüberspannungen, die aus dem Betrieb der Anlage stammen, standgehalten, ohne Schaden zu erleiden. Gerade entgegengesetzt liegen die Verhältnisse bei den hohen Spannungen. Der zwischen der Begrenzungsspannung und der 50 %-Stoßüberschlagspannung der Anlage liegende Lebensraum des Ableiters für 100 kV wird noch kleiner, sobald man für die in Deutschland vielfach übliche Verbraucherspannung von 110 kV Geräte der Reihe 100 verwendet. Das Bild wird



$\frac{U_{ü}}{\sqrt{2} \cdot 1{,}1\, U_r}$ (1) Stoßüberschlagsgrad des Freiluft-Stützisolators (pos. Stoß)
(2) „ „ Innenraum- „ „ „

$\frac{U_G}{\sqrt{2} \cdot 1{,}1\, U_r}$ (3) Begrenzungsspannung des Ableiters*) für 1000 A

$\frac{U_a}{\sqrt{2} \cdot 1{,}1\, U_r}$ (4) Stoßansprechspannung des Ableiters*)

$\frac{U_L}{\sqrt{2} \cdot 1{,}1\, U_r}$ (5) Löschspannung des Ableiters*)

$\frac{1{,}1\, U_e}{\sqrt{2} \cdot 1{,}1\, U_r}$ (6) Spannung gegen Erde

(3)–(6): in Vielfachen des Scheitelwertes der 1,1fachen Reihenspannung

*) normale Ausführung

Abb. 17. Lebensraum von Überspannungsableitern.

dagegen günstiger, sobald Geräte der Reihe 120 eingesetzt werden. Der Kostenaufwand für Stationen mit Überspannungsschutz ist bei größerer Störungssicherheit erheblich geringer als bei ungeschützten Stationen, die um eine oder zwei Spannungsreihen höher als die erstgenannten isoliert sind[42]).

Gegenüberstellung der Bemessung der Isolation in Deutschland und den V. S. Amerika.

Wir wiesen zu Eingang unserer Ausführungen auf die sehr sorgfältigen und eingehenden Arbeiten hin, auf welchen die Fachverbände der Elektroindustrie und -wirt-

41) ETZ 48 (1927) S. 624, 663, 952; 54 (1933) S. 245, 265, VDE 0650/1933, REA. § 51a, Tafel IV.
42) W. Estorff, wie Fußnote 26.

Digitized by Google

schaft der V. S. Amerika ihre neuen Vorschriften für die Bemessung der Isolation elektrischer Hochspannungsanlagen aufgebaut haben. Diese Arbeiten haben zur Aufstellung eines Isolationspegels geführt, den die Geräte der einzelnen genormten Nennspannungen nicht unterschreiten sollen. Dieser „EEI-NEMA Basic Level" ist auf die amerikanische Stoßwelle 1,5|40 positiver Polarität bezogen und in Abb. 18 unserem in den vorangegangenen

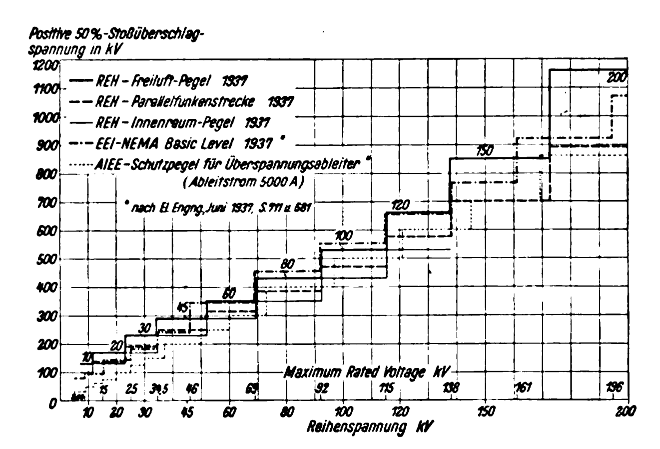


Abb. 18. Stoß-Isolationspegel für Hochspannungsanlagen.

Darlegungen mehrfach erwähnten VDE-Stoßpegel nach REH 1937 mit Stoßwelle 0,5|50 für Freiluft- und Innenraumgeräte gegenübergestellt. Die geringfügigen Unterschiede der amerikanischen Stoßwelle 1,5|40 gegenüber unserer VDE-Welle 0,5|50 sind hierbei vernachlässigt. Dagegen wurde der amerikanische Pegel von 25 °C und 15 g/m³ absoluter Feuchtigkeit auf 20 ° und 11 g/m³ entsprechend unserem Brauche umgerechnet, wodurch der amerikanische Pegel um etwa 3 % sinkt. Im unteren Spannungsbereich bis hinauf zur Reihe 45 ist die Isolation der deutschen Freiluftgeräte stärker bemessen als die der amerikanischen. Bei den Reihen 80 und 100 kV liegt der deutsche Pegel etwas unter dem amerikanischen, während bei Reihe 150 und 200 die deutschen Werte höher liegen, wenn keine Parallelfunkenstrecken an den Durchführungen der Transformatoren vorliegen. Da jedoch in der Regel in Deutschland bei 100 bis zu 200 kV-Anlagen auf Innenraumschlagweite eingestellte Parallelfunkenstrecken benutzt werden, so liegt auch bei 150 und 200 kV der deutsche Pegel unterhalb des amerikanischen. Die Ersparnisse an Isolation, die man bei Anlagen mit starr geerdetem Sternpunkt gegenüber solchen mit freiem oder über Erdschlußlöscher geerdetem erwarten sollte, sind in Wirklichkeit nicht vorhanden. Der deutsche Innenraumstoßpegel liegt z. T. bis zu 23 % unter dem amerikanischen Pegel.

Es ist bemerkenswert, wie weitgehend im großen und ganzen der amerikanische und deutsche Pegel für Freiluftgeräte übereinstimmen, wenn man die gänzlich verschiedene Art der Entwicklung dieser Werte und der Betriebsbedingungen in beiden Ländern in Betracht zieht. Aus dieser Gegenüberstellung wird es verständlich, daß die Frage des elektrischen Sicherheitsgrades der Anlagen in Deutschland nicht so weit in den Brennpunkt des Interesses wie in den V. S. Amerika rückte. Denn mit den REH-Schlagweiten sind in Deutschland nur gute Erfahrungen gesammelt worden. Die Festlegung der genormten Schlagweiten durch die REH 1914, 1929 und 1937 bedeutete nichts anderes, als die Aufstellung eines Isolationspegels aus Erfahrungswerten.

Wir dürfen uns in Deutschland jedoch nicht damit begnügen, auf Grund dieser Feststellung alles beim alten zu belassen, sondern müssen im einzelnen sorgfältig nachprüfen, ob und an welchen Stellen an Isolation gespart werden kann. Die vorstehenden Ausführungen sollten hierfür als Anregung dienen.

Zusammenfassung.

Bei der Beanspruchung der Isolation einer Anlage muß man streng unterscheiden zwischen denjenigen Überspannungen, die aus der Anlage selbst stammen, und den von außen stammenden atmosphärischen Überspannungen; erstere stehen von Haus aus in einem bestimmten festen Verhältnis zur Betriebsspannung, letztere nicht. Die Isolation soll so bemessen sein, daß sie die erstgenannten Überspannungen aushalten kann, während die Bemessung der Isolation für die letzteren ein technisch-wirtschaftliches Problem ist und nur dadurch richtig gelöst werden kann, daß die Isolierung in Einklang gebracht wird mit den noch besonders zu treffenden Schutzmaßnahmen. Die richtige Isolierung gegen die aus der Anlage selbst stammenden Überspannungen niedriger und mittlerer Frequenz verlangt ein genaues Studium der atmosphärischen Einflüsse auf die Isolation, insbesondere von Tau- und Nebelniederschlag. Wichtige Schlußfolgerungen für die Isolationsabstufung zwischen Station und Freileitung ergeben sich, wenn man Sicherheitsgrad und Stoßüberschlagsgrad der Isolation vergleichend gegenüberstellt. Vor allem zeigt sich dann, daß eine Schwächung der Isolation der Freileitung zu dem Zweck, die Gewittersicherheit der Stationen zu erhöhen, nicht tragbar ist. Die Entwicklung der Isolation der deutschen Anlagen ist sehr stark durch die vom VDE frühzeitig genormten Schlagweiten beeinflußt und dadurch auf einen gesunden Weg gebracht worden, der dem Vergleich mit den heutigen amerikanischen Normungsbestrebungen, die sich auf sorgfältige Untersuchungen stützen, durchaus standhält.

Ein Kreuzspulgerät zur photographischen Aufzeichnung.

(Mitteilung der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Institut für Bordgerät und Navigation.)

DK 621.317.7 : 629.135

Für den DVL-Zweifachschreiber wurde ein fluggeeignetes Kreuzspulgerät mit großer Verhältnisempfindlichkeit entwickelt, das auch anderweitig mit Erfolg zur Aufzeichnung von Vorgängen, die sich durch geeignete Mittel in ein Stromverhältnis umsetzen lassen, verwandt werden kann.

Das Kreuzspulgerät ist als Kernmagnetsystem ausgebildet[1]). Eine Kreuzspule von 2×90 Ω Widerstand mit 150 Windungen, 0,05 Kupfer-Lackdraht und 30 ° Kreuzungswinkel, bewegt sich in dem durch den zylindrischen Kernmagneten von 1,5 cm Höhe und 1,5 cm Dmr. und dem rohrförmigen Weicheisenrückschluß gebildeten Luftspalt, der ein sinusförmiges Magnetfeld mit der maximalen Induktion 2200 Gauß besitzt. Die Achsen, deren eine ein Spiegelchen trägt, das durch ein Fenster in dem als Gehäuse dienenden Eisenrückschluß einen Lichtstrahl steuert, sind zapfengelagert. Das Gesamtgewicht beträgt 30 g, der Durchmesser 2 cm und die Höhe 4 cm. Der lineare Ausschlagbereich von ± 7,5 ° wird durch das Stromverhältnis 0,94 ... 1 ... 1,065 durchlaufen. Größere Stromverhältnisse bringen einen größeren Ausschlagbereich, wobei die Skala an den Enden zusammengedrückt wird. Das Einstellmoment ist nahezu konstant und beträgt bei dem Nenn-

[1]) W. Fischer, Betrachtungen zum Aufbau des elektrischen Flugzeugbordgeräts nach dem Drehspulprinzip. Erscheint demnächst in der Luftf.-Forsch.

Digitized by Google

strom von 50 mA je Spule für 1° Auslenkung aus der Gleichgewichtslage $M_{1°} = 0{,}03$ g cm. Das bewegliche System wiegt 1,4 g. Damit ergibt sich der Gütefaktor nach Keinath zu $\gamma = 16$ (!). Das Rähmchen ist so gestaltet, daß bei Nennstrom die Eigenfrequenz 10 Hz und

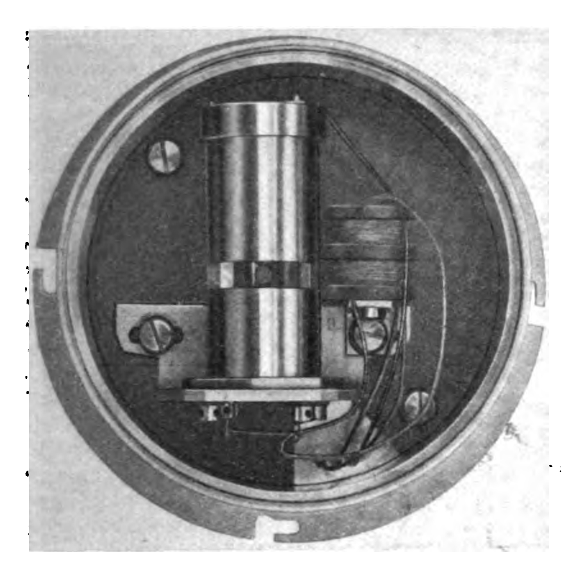


Abb. 1. Das in die Einsatzdose des Zweifachschreibers eingebaute Kreuzspulgerät.

der Dämpfungsgrad nach Lehr[2]) $a = 0{,}36$ beträgt. Durch Änderung des Stromes kann das Einstellmoment und damit die Eigenfrequenz und der Dämpfungsgrad geändert werden. Für die oberste Grenze, die durch die Höchstbelastbarkeit des Rähmchens mit 75 mA gegeben ist, wird $f = 12{,}3$ Hz und $a = 0{,}29$; für die unterste Grenze, die durch die mit kleiner werdendem Einstellmoment merkbare Spannungsabhängigkeit mit 25 mA festliegt, ergibt sich $f = 7{,}1$ Hz und $a = 0{,}51$. Der Temperaturfehler ist durch die Schaltungselemente bestimmt und kann wie bekannt auf jedes Maß gebracht werden[3]). Der Einfluß der Spannungsschwankung ist wegen der Kleinheit des Momentes der Stromzuführungsbändchen, die bei Spannungsausfall den Lichtzeiger aus der Skala herausdrehen, im angegebenen Betriebsbereich vernachlässigbar klein.

Abb. 2. Einsatzsystem mit Beleuchtungseinrichtung.

Abb. 1 zeigt die Erstausführung des Kreuzspulgerätes mit 5 cm Höhe, eingebaut in die Einsatzdose des DVL-Zweifachschreibers. In Abb. 2 ist die Einsatzdose mit der Beleuchtungseinrichtung dargestellt. Die Anschlußseite hat genormten Anschluß für Dreifachstecker und Steckbuchsen zur Regelung der Verhältnisempfindlichkeit.

Das DVL-Kreuzspulgerät eignet sich für den Flugbetrieb und ist schon für Stellungsübertragung und Temperaturmessung verwandt worden. J. Lorenz.

[2]) W. Hofmann, Dämpfung von Meßgeräten. Arch. techn. Messen, J. 014—1.

[3]) J. Lorenz, Die theoretischen Grundlagen der Kreuzspulgeräte. DVL-Jahrb. 1938, S. 619 und Jahrb. 1938 der Deutschen Luftf.-Forsch. III. 10—III. 17.

Korrosionserscheinungen auf dem Gebiete der Elektrowärmetechnik.

Von W. Hessenbruch, Hanau a. Main.

DK 620.191 : 621.365

Übersicht. Der Aufsatz berichtet über Schadensfälle der Elektrowärmetechnik und betrachtet zuerst die wichtigen Isolierstoffe Glimmer und Asbest. Bei Elektrowärmegeräten und Küchen werden Oxydabsprühungen und Speisereste als hauptsächliche Korrosionsursache behandelt. Im Elektroofenbau spielen die Reaktionen mit feuerfesten Steinen eine Rolle, bekannt sind auch bei höherer Spannung Schäden infolge Wärmedurchschlags. Weiterhin können Anlaß zu Korrosionen geben: das Kieselgur, die Einwirkung von Oxyden und Salzen sowie geschmolzene Metalle und der Angriff durch Gase, der z. B. die sog. Schwefelpocken an Heizleitern hervorruft.

Die Korrosion metallischer Werkstoffe ist überall dort, wo diese Werkstoffe gebraucht werden, ein wichtiger Faktor, der die Auswahl der Legierungen bestimmt. Über die Erscheinungen, unter denen diese Korrosion vor sich geht, ist vielfach in einzelnen und zusammenhängenden Arbeiten berichtet worden. In den nachfolgenden Zeilen soll versucht werden, einige für das Gebiet der Elektrowärmetechnik eigenartigen Korrosionserscheinungen in Beispielen zu behandeln. Die normale Zerstörung durch Rosten, Abblättern von Oberflächenüberzügen wie Vernickelungen wird hier nicht erwähnt. Die Elektrowärme weist insofern typische und für dieses Gebiet der Technik eigenartige Korrosionserscheinungen auf, weil meist hohe Temperaturen in irgendeinem Teil der Öfen oder Geräte erzeugt werden und dadurch mögliche Korrosionen oder Reaktionen wesentlich beschleunigt werden. Es ist bekannt, daß mit steigender Temperatur die Reaktionsgeschwindigkeit außerordentlich stark zunimmt, und daher kommt es, daß manchmal in der Elektrowärme Zerstörungserscheinungen ganz kurzfristig auftreten können, die bei niedrigen Temperaturen und selbst bei Temperaturen von 300 bis 400° so langsam verlaufen, daß sie selbst in vielen Jahren nicht zur Zerstörung des betreffenden Konstruktionsteils führen.

Die Elektrowärme teilt sich in zwei grundsätzlich verschiedene Gebiete auf; in das Gebiet der Elektrowärmegeräte (Heizkissen, Bügeleisen, Kochplatten, Backöfen, Brotröster, Tauchsieder, Strahlungskamine und dergleichen) und in das Gebiet des Elektroofenbaus (Glühöfen für die Metallindustrie, Keramik, Glasindustrie, Anlaßöfen, Härteöfen, Einsatzhärteöfen usw.).

Es kann eine lückenlose umfassende Behandlung aller Korrosionserscheinungen, die auf diesen beiden Gebieten beobachtet werden, nicht im Rahmen dieses Aufsatzes bewältigt werden, es werden nur einige Beispiele aus den beiden erwähnten Gebieten gebracht.

Elektrowärmegeräte.

Auf dem Gebiete der Elektrowärmegeräte hat man es mit Temperaturen zwischen 100 und 900° zu tun. Für Temperaturen bis zu etwa 500° wird dabei als Isolier-

Digitized by Google

werkstoff mit Vorliebe Glimmer verwendet. Glimmer ist ein Naturprodukt und wird in zwei chemisch unterschiedlich zusammengesetzten Formen in der Elektrowärmetechnik angewendet. Die eine Form ist der Kaliglimmer oder Muskowit, die andere der Magnesiaglimmer oder Phlogopit. Der letztere führt auch wohl den Namen Amberglimmer. Beide Glimmersorten enthalten neben Verunreinigungen von Eisenoxyd, Feldspat und anderen Mineralien, Kristallwasser, welches beim Erhitzen auf hohe Temperaturen entweicht, dadurch tritt ein Undurchsichtigwerden der Glimmerplättchen und Aufblähen des Glimmers ein (kalzinieren). Der Kaliumglimmer kalziniert bei 600 bis 650 °, während der Amberglimmer infolge seines kleineren Kristallwassergehaltes erst bei etwa 900 ° kalziniert. Bei 1200 bis 1300 ° schmelzen beide Glimmersorten. Außer diesen beiden Sorten von Naturglimmer wird ein Kunstprodukt aus Spaltstücken von Glimmer verwendet, welches als Mikanit bezeichnet wird und aus mit Schellack verklebten, zusammengepreßten Spaltstückchen von Glimmer besteht.

Die Isolierfähigkeit des Glimmers ist ausgezeichnet, jedoch insofern unzuverlässig, als kleine Einschlüsse von Oxyden oder Sulfiden die Isolationsfähigkeit örtlich außerordentlich stark herabsetzen können. Dazu tritt die Gefahr der Abspaltung von Kristallwasser bei zu hoher Erhitzung. In der Praxis der Herstellung von Elektrogeräten sind daher verschiedentlich Fälle vorgekommen, wo Heizleiter aus Chromnickel oder Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen durch Einschlüsse im Glimmer angegriffen und zerstört worden sind. Abb. 1 zeigt z. B. den Querschliff eines Chromnickeldrahtes, der aus 85 % Nickel und 15 % Chrom besteht und in einem Backofen - Heizkörper durch Lochfraß zerstört worden ist. Es hatte sich durch einen Einschluß eines Fremdkörpers im Glimmer ein örtlich sehr starker Angriff des Drahtes ausgebildet, der in ganz kurzer Zeit zur Zerstörung des Heizelementes führte.

Abb. 1. Elektrolytische Korrosion (Lochfraß) von Chromnickel durch ungeeigneten Glimmer verursacht. 60fache Vergrößerung.

Dem Glimmer verwandt ist der Asbest, der ebenfalls ein Silikat darstellt, welches allerdings meistens noch nachbehandelt wird und selten in der reinen in der Natur vorkommenden Form verwendet wird. Der Asbest ist chemisch ein Kalk-Magnesia-Silikat mit wechselnden Mengen von Tonerde und Eisenoxyd. Am gefährlichsten sind die häufig vorkommenden Verunreinigungen durch Pyrit (FeS_2). Der Pyrit gibt bei hohen Temperaturen einen Teil seines Schwefels ab unter Bildung von FeS. Da Schwefel ein großer Feind von Chromnickellegierungen ist und auch für das Auftreten von elektrolytischen Korrosionserscheinungen im Temperaturgebiet von 100 bis 400 ° Schwefel eine sehr nachteilige Rolle spielen kann, sind Verunreinigungen von Pyrit im Asbest unbedingt zu vermeiden. Bekannt sind die Korrosionen von Heizkissen, die oft auf pyrithaltigen Asbest zurückzuführen sind. Man hat in letzter Zeit Versuche gemacht, den Asbest durch Glaswollefäden zu ersetzen und dabei recht beachtliche Ergebnisse erzielt, wenngleich auch zu bedenken ist, daß bei Glaswolle grundsätzlich ebenfalls die Möglichkeit der Aufnahme von leicht zersetzlichen Verunreinigungen besteht, wenn ein ungeeignetes Glas für die Herstellung der Wolle genommen wird. Zum Teil wird für diesen Zweck auch Schlackenwolle verwandt. Am besten ist natürlich Quarzwolle, die jedoch für viele Zwecke wirtschaftlich nicht tragbar ist.

Es sind jedoch nicht die Verunreinigungen von Pyrit allein, die bei Asbest beobachtet worden sind. Dadurch, daß der Asbest beim Verspinnen Zusätze von Chemikalien enthält, können bei Hinzutreten von Feuchtigkeit Elektrolyte gebildet werden, die insbesondere bei unter Strom stehenden Heizleitern ganz kurzfristige Zerstörungen hervorrufen können. So wurden z. B. an Legierungen aus der Chrom-Aluminium-Eisen-Gruppe mit etwa 20 bis 30 % Chrom, 5 % Aluminium, 0 bis 3 % Kobalt, Rest Eisen eigenartige Korrosionserscheinungen beobachtet, die sich bei näherer Untersuchung als ein typischer Lochfraß herausstellten. Es handelt sich dabei um die Anschlußenden von Heizwicklungen, die beim Austreten aus dem eigentlichen Elektrowärmegerät durch isolierende Asbestpappe hindurchgingen. Bevor die Geräte in Benutzung genommen waren, traten sehr häufig in ganz kurzen Zeiten Korrosionserscheinungen auf, die dazu führten, daß die Anschlußenden bei einer leichten Berührung abbrachen. Bei näherer Untersuchung zeigte sich, daß gewisse Asbestsorten diesen Lochfraß schon bereits nach wenigen Stunden hervorrufen konnten, daß sich andere Asbestsorten dagegen vollkommen neutral verhielten. Wenn man z. B. von derartigen verschiedenen Asbestsorten Fasern herstellte und diese mit destilliertem Wasser in einem Reagenzglas befeuchtete, so konnte an in den feuchten Asbest hineingesteckten Heizleiterdrähten innerhalb weniger Stunden Lochfraß erzeugt werden. Die Zahlentafel 1 gibt eine Zusammenstellung von Analysen von guten und schlechten Asbestsorten, die gemacht wurden, um einen Aufschluß zu bekommen, welche der eventuell vorhandenen Verunreinigungen für diesen Lochfraß verantwortlich zu machen sei.

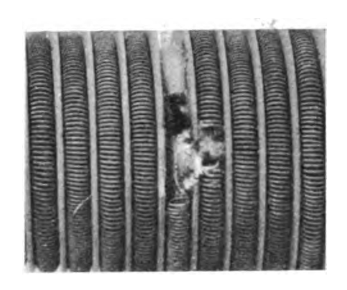


Abb. 2. Lichtbogenbildung infolge Oxydbelages auf dem Tragkörper.

Zahlentafel 1.

Korrosionsverhalten	korrodiert wenig	korrodiert wenig	korrodiert stark
Bezeichnung	Handelsware	97/98%	„4 P"
Analyse			
SiO_2	38,2	39,5	38,3
MgO	23,7	30,8	10,3
CaO	4,0	0,6	17,3
Al_2O_3	8,7	4,1	14,6
Fe_2O_3	4,6	6,0	2,2
Na_2O	2,0	1,3	2,7
SO_4	3,1	—	2,9
Glühverl. 1100°	17,4	15,8	12,3
Cl	—	—	—
CuO	0,2	< 0,05 Cu	< 0,05 Cu
NiO	0,3	0,4	—
Ti	—	—	Sp.

Offenbar ist ein hoher CaO- und Al_2O_3-Gehalt ungünstig.

Die Heizleiter von Elektrowärmegeräten arbeiten sehr häufig unter recht ungünstigen Bedingungen. Sie sind entweder in feuerfestes Material eingebettet oder von feuerfestem Material in nächster Nähe umgeben. Anderseits sind meistens die Oberflächenbelastungen recht hoch, so daß manchmal Temperaturen bis zu 1000 ° an Heizleitern derartiger Geräte vorkommen. Wenn man noch bedenkt, daß im übrigen Haushaltsgeräte meistens nur kurzfristig gebraucht werden und dann wieder abkühlen, so wird man zugestehen müssen, daß Heizleiter von derartigen Geräten schärfsten Beanspruchungen ausgesetzt sind. Ein häufiges Aus- und Einschalten ist nämlich viel nachteiliger für die Lebensdauer von Heizleitern als im allgemeinen bekannt ist. Das einmal gebildete Oxyd wird dabei abgeworfen und setzt sich auf den in der Nachbarschaft befindlichen Teilen ab und kann dadurch manchmal zu Störungserscheinungen Veranlassung geben, wie Abb. 2 zeigt. Im vorliegenden Fall war durch das abgesprühte Oxyd eine oberflächlich leitende Schicht

Digitized by Google

auf dem keramischen Tragkörper entstanden, so daß nach kurzer Zeit an derjenigen Stelle, an der die größte Spannungsdifferenz war, ein Lichtbogen und dann ein Verschmelzen von Oxyd und feuerfestem Tragkörper eintrat. Dabei wurde gleichzeitig der Heizleiter zerstört. Der-

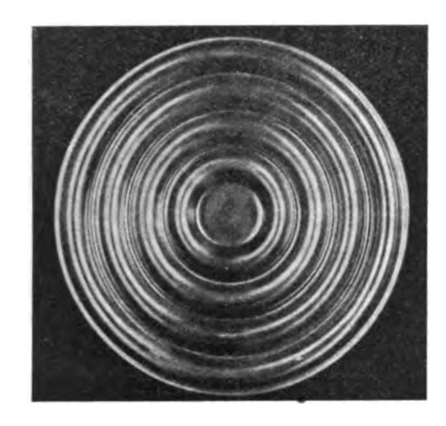


Abb. 3. Deckplatte einer Kochplatte aus 18prozentigem Chromeisen.

artige Erscheinungen treten in Elektrowärmegeräten sehr leicht dann auf, wenn starke Absprühungen von Oxyd vorausgegangen sind.

Besonders stark sind die Gefahren der Korrosion in der Küche. Beim Überkochen von Gerichten, die Salz enthalten, treten besonders starke Korrosionen ein, zumal wenn das Salzwasser mit anderen anorganischen und organischen Stoffen verunreinigt ist. Einer der gefürchtetsten Stoffe ist daher das Kartoffelwasser, welches in ganz kurzer Zeit Rosterscheinungen und selbst an rost- und hitzbeständigen Geräten nach und nach Zerstörungen hervorruft. Neben Salz enthalten Speisen jedoch auch häufig organische Säuren (Essigsäure, Oxalsäure, Milchsäure), die ebenfalls alle metallischen Stoffe insbesondere bei hohen Temperaturen stark angreifen. Die gegossene Heizplatte, die in ihrem Aufbau infolge unzähliger Graphitlamellen eine gewisse Porösität besitzt, ist dieser Korrosion stark ausgesetzt, und die Hersteller von Heizplattenguß sind daher bestrebt, durch Verfeinerung des Graphits den Korrosionsangriff auf die Heizplatte möglichst zu vermindern.

Bei Abdeckplatten aus hitzebeständigen und korrosionsbeständigen Legierungen (Chrom-Eisen- oder Chrom-Nickel-Eisen-Legierungen) können auch ähnliche Erscheinungen eintreten, wenn auch hier die Haltbarkeit im allgemeinen wesentlich größer ist.

Man prüft die Korrosionsbeständigkeit von Abdeckplatten für Heizplatten, indem man solche Platten bei voller Betriebstemperatur mit Salzwasser, Essigwasser oder dergleichen beträufelt. Auf diese Weise lassen sich Legierungen finden, die dem Angriff dieser gefürchteten Lösungen einen möglichst großen Widerstand entgegensetzen. Abb. 3 zeigt eine Deckplatte aus 18prozentigem Chromstahl, der nur geringste Verunreinigungen an Kohlenstoff enthält und dadurch besonders korrosionssicher ist.

Elektroofenbau.

Im Elektroofenbau treten im allgemeinen noch höhere Temperaturen auf als bei Elektrowärmegeräten, so daß auch hier die Zerstörungserscheinungen häufiger sind als in der Industrie der Elektrowärmegeräte. Bei Temperaturen von über 1000 ° bis zu 1350 °, wie sie an Heizleitern aus Chrom-Nickel- und Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen auftreten, reagiert bereits eine große Zahl von feuerfesten Stoffen mit dem Heizleiter, und es ist daher für die Hersteller von Elektroöfen wichtig, die Feinde des Heizleiters oder der metallischen Baustoffe des Ofens zu kennen. Neben dem Heizleiter ist der wichtigste Teil der meisten Elektroöfen die feuerfeste Zustellung, und die Auswahl der richtigen feuerfesten Steine ist daher von ausschlaggebender Bedeutung. Die Zahlentafel 2 zeigt die wichtigsten Eigenschaften verschiedener feuerfester Steine, und es sei hier zunächst darauf hingewiesen, daß der Erweichungspunkt, der mit Hilfe des sogenannten Segerkegels bestimmt wird, für die Auswahl der Steine wesentlich ist.

Zahlentafel 2.

Steinart	analytische Zusammensetzung	Segerkegel	Schmelztemperatur °C	Erweichungstemperatur °C etwa	spez. el.*) Widerstand bis 1200° Ω cm	Wärmeleitfähigkeit bei 1000° kcal/mh °C	Wärmeausdehnung bis 1000° %	Raumgewicht g/cm³ etwa	Porosität % etwa
Saurer Schamottestein	etwa 25% Al_2O_3 „ 70% SiO_2	28	1630	1370	$6 \cdot 10^3$	1,1	0,9	1,95	22
Schamottestein handgef.	„ 34% Al_2O_3 „ 60% SiO_2	31	1690	1340	$4 \cdot 10^3$	1,0	0,8	1,9	22
Schamottestein hochwertig	„ 41% Al_2O_3 „ 56% SiO_2	33	1730	1400	$4 \cdot 10^3$	1,0	0,7	1,95	18
Sillimanitstein	„ 65% Al_2O_3 „ 32% SiO_2 „ 1% Fe_2O_3	38	1850	1620	$3 \cdot 10^3$	1,3	0,5	2,2	24
Korundstein	„ 93% Al_2O_3	40	1920	1630	$10 \cdot 10^3$	1,7	0,8	3,0	24
Silikastein	„ 96% SiO_2 „ 2% CaO	33	1730	1690	$14 \cdot 10^3$	1,3	1,3	1,9	20
Magnesitstein	„ 86% MgO „ 6% Fe_2O_3 „ 3% SiO_2 „ 4% CaO		> 2000	1650	$190 \cdot 10^3$	3,5	1,3	2,9	20
SiC-Stein	„ 85% SiC		> 2000	1700	$0,6 \cdot 10^3$	9,3	0,4	2,55	20

*) el. Widerstand für Ofenbaustoffe siehe: Henry, J. Amer. ceram. Soc. 7 (1924) S. 764. — Werner, Sprechsaal 63 (1930) 537, 557, 581, 599, 619.

Bei hochbelasteten Heizleitern, insbesondere aus Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen, empfiehlt sich daher die Verwendung von Schamottesteinen von mindestens 42 bis 44 % Al_2O_3, die einen Segerkegel von mindestens 33 haben.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Auswahl des feuerfesten Bauwerkstoffes von Elektroöfen dort zu widmen, wo besonders hohe Spannungen zur Anwendung kommen. Es ist z. B. hier und da nicht zu umgehen, eine Spannung von 380 V zu verwenden. Unter diesen Umständen ist die Gefahr von Wärmedurchschlägen sehr groß. Daß tatsächlich bei den hohen Temperaturen Reaktionen zwischen den Heizleitern und dem feuerfesten Stein eintreten können, zeigt Abb. 4. Es handelt sich dabei um einen Heizleiter aus einer Legierung mit 30 % Chrom, 5 % Al, Rest Fe, der bei 1300 ° betrieben wurde und auf einen Schamottestein mit nur 35 % Al_2O_3 aufgelegt war. Man erkennt deutlich, daß überall dort, wo

Digitized by Google

eine Berührung zwischen dem Heizleiter und dem feuerfesten Stein eingetreten ist, ein Anbacken zwischen Stein und Heizleiter und dadurch eine Zerstörung der wichtigen Schutzschicht der Heizwendel eingetreten ist. Tritt dann zu diesen zunächst noch geringfügigen Angriffen ein

Abb. 4. Reaktion von Heizleiter und feuerfestem Stein an den Auflagestellen der Wendel.

Nebenschluß durch die Oberfläche des Steins, so ist ein Lichtbogen die Folge und eine Zerstörung, wie in Abb. 4 gezeigt, schnell eingetreten. Mit steigender Temperatur wird die Leitfähigkeit der feuerfesten Steine sehr viel besser. Abb. 5 zeigt die Abhängigkeit der Durchschlag-

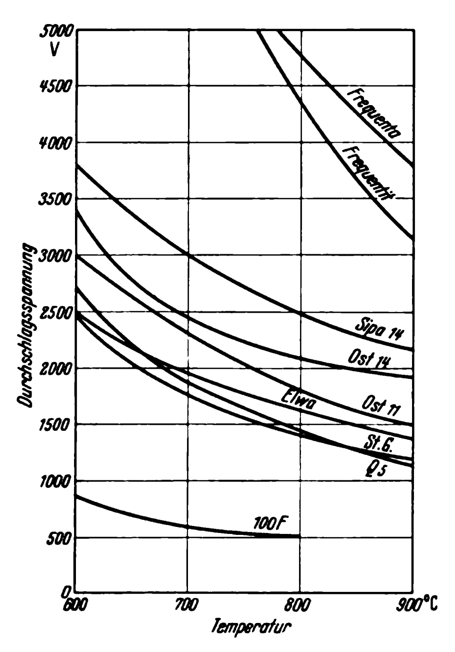


Abb. 5. Durchschlagspannung verschiedener Elektrowärmemassen in Abhängigkeit von der Temperatur.

spannung praktisch verwendeter Elektrowärmemassen von der Temperatur. Bei Temperaturen unterhalb 600 ° steigt die Durchschlagspannung mit fallender Temperatur steil an. Der spezifische elektrische Widerstand verläuft nach ähnlichen Kurven. Bei feuerfesten Steinen verlaufen die Kurven entsprechend.

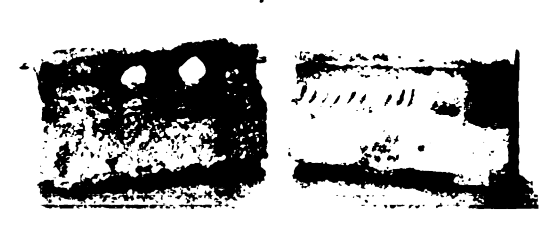


Abb. 6. Durch Wärmedurchschlag durchlöcherter feuerfester Stein.

Abb. 6 gibt einen durch Wärmedurchschlag zerstörten feuerfesten Stein wieder, der aus einem Glühofen mit einer Betriebstemperatur von 1150 ° stammt. Man erkennt in der rechten Hälfte der Abbildung deutlich, wie anfangs eine Reaktion zwischen den einzelnen Wicklungen der Heizwendeln und dem feuerfesten Stein eingetreten ist und dort dann durch Verschlacken Lichtbögen aufgetreten sind, die dazu geführt haben, daß quer durch den Steg des feuerfesten Steins ein Kurzschluß zwischen benachbarten Wendeln eintrat. Zwischen diesen beiden Wendeln stand die volle Spannung von 380 V, so daß hier bei einer Verminderung der Isolationsfestigkeit des feuerfesten Steins ein Durchschlag zuerst eintreten mußte.

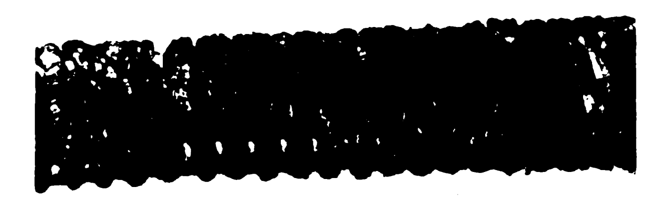


Abb. 7. Durch Bleioxyd zerstörte Chromnickelspirale.

Die im Ofenbau so viel verwandte Kieselgur ist sehr häufig ein verkappter Feind des Heizleiters, weil Kieselgur oft beträchtliche Mengen von Schwefel enthält. Wenn durch die Ritzen der Schamottesteine Kieselgur auf den Heizleiter oder auf die hitzebeständigen Bauteile des Ofens fällt, tritt meist eine Zerstörung ein, die durch die typischen Schwefelpocken erkenntlich wird.

Kieselgur enthält normalerweise etwa 0,1 bis 0,2 % Schwefel. Dieser Gehalt wird jedoch sehr häufig überschritten. Bereits bei etwa 0,65 % Schwefel treten an Heizelementen starke Zerstörungserscheinungen durch Schwefelangriff auf. Es wurden bereits Schwefelgehalte von 14,6 % in Kieselgur nachgewiesen. In diesem Fall war allerdings die Zerstörung des Heizleiters katastrophal.

Abb. 8. Durch Salz auf der Außenseite angefressener Salzbadtiegel.

In elektrischen Glühöfen, in denen Stähle geglüht werden, bildet sich auf dem betreffenden Glühgut Zunder, der auf keinen Fall mit dem Heizleiter in Berührung kommen darf, denn dadurch wird der Schmelzpunkt der hitzbeständigen Schutzschicht auf dem Heizleiter so stark erniedrigt, daß ein Schmelzen des Oxydfilms und eine dauernde Weiteroxydation der Legierungen des Heizleiters eintritt. Besonders stark ist diese Zerstörungserscheinung, wenn es sich um niedrig schmelzende Oxyde, z. B. des Bleis, des Kupfers, des Eisens oder des Mangans, handelt.

Abb. 7 zeigt eine Chromnickelspirale aus einem Glasurbrennofen, in dem mit einer bleiglättehaltigen Glasur gearbeitet wurde. Die Bleiglätte destillierte aus der Glasur ab und verband sich mit dem Oxyd des hitzebeständigen Heizleiterdrahtes. Die Abbildung zeigt sehr schön, wie eine hemmungslose Oxydation eingetreten ist und durch die entstehende Volumenzunahme des Oxydgemisches ein Aufplatzen der Heizleiter eingetreten ist. Die zerstörten Drähte sehen jetzt wie ein Stück Holzkohle aus und haben nur noch einen geringen metallischen Kern.

Wenn es sich um flüssige Stoffe handelt, die mit dem Heizleiter oder dem metallischen Baustoff des Ofens in Berührung kommen, z. B. mit Salz oder geschmolzenem Metall, so ist die Zerstörung besonders heftig. Geschmolzene Salze vermögen Oxyde der Schwermetalle zu lösen und daher auch das Oxyd des Chromnickels bis zu einem gewissen Maße. Dadurch ist die Ausbildung eines schützenden Oxydfilms nicht mehr möglich, und es tritt insbe-

Digitized by Google

sondere in der Nähe der Badoberfläche ein starker Angriff auf, wodurch ein Unterwühlen der bestehenden Oxydschicht eintritt. Besondere Aufmerksamkeit ist darauf zu verwenden, daß nicht auf die Außenseite der Salzbadtiegel Salze geraten. Hier ist die Ausbildung einer gleichmäßigen Oxydation infolge der Beheizung des Tiegels, sei es durch Gas oder Elektrizität, eine wesentliche Voraussetzung für die Haltbarkeit. Wenn hier Salz mit dem Oxyd reagieren kann, wird der Tiegel schnell zerstört, Abb. 8. Gegen Salze, wie sie in der Härterei und in Form von Anlaßbädern benutzt werden, hat sich reines Eisen oder reines Nickel am besten bewährt. Eisentiegel sind verhältnismäßig billig und werden nach einer bestimmten Betriebsdauer durch neue ersetzt.

Von den niedrig schmelzenden Metallen greifen insbesondere Aluminium, Zinn und Zink hitzebeständige Legierungen auf der Basis Chrom-Nickel-Eisen und Chrom-Aluminium-Eisen stark an. Am beständigsten sind diese Legierungen gegen Blei, welches daher auch für Anlaßbäder am meisten genommen wird. Allerdings muß darauf geachtet werden, daß das Blei rein ist und möglichst Verunreinigungen von Wismuth, Antimon oder leicht oxydierenden Metallen vermieden werden. Vor allen Dingen aber muß die Badoberfläche mit Holzkohlepulver abgedeckt werden, damit sich kein Bleioxyd bildet, welches alle Metalle sehr stark angreift.

Abb. 9. Schwefelpocken auf Chromnickelwendeln.

Am gefährlichsten ist für die Ofenbauteile von elektrischen Öfen die Einwirkung von chemisch nicht neutralen Gasen. Nur in den seltensten Fällen besteht die Atmosphäre eines Glühofens aus reiner erhitzter Luft. Meist entwickelt das Glühgut Gase, z. B. durch Verbrennen von Ölresten oder Verdampfen von Seifenwasser. In manchen Fällen, wie z. B. bei Einsatzhärteöfen, ist die Entwicklung einer bestimmten Gasatmosphäre sogar Vorbedingung für die richtige Behandlung des Glühgutes.

Einer der größten Feinde der hitzebeständigen Metalllegierungen ist der Schwefel, der insbesondere aus schwefelhaltigen Einsatzhärtepulvern in Form von Schwefelwasserstoff oder schwefliger Säure entweicht. Werden in einem Ofen Einsatzhärtepulver verwandt, die einen höheren Schwefelgehalt als etwa 0,7 bis 1 % haben, so tritt an den Heizleitern sehr häufig eine Krankheitserscheinung auf, die man als Schwefelpocken bezeichnet hat, Abb. 9. An einzelnen Stellen des Heizleiters treten pockenartige Erhöhungen auf, die dadurch entstehen, daß Schwefel in das Innere des Metallgefüges eindringt, dort zunächst an Nickel und an Eisen und Chrom gebunden wird, durch zwischenzeitlich zugetretene Luft dann wieder verbrennt und das Gefüge dann vollkommen aufgelockert wird. Im Metallmikroskop läßt sich mit absoluter Sicherheit entscheiden, ob ein solcher Schwefelangriff vorliegt oder nicht, so daß sich nach Erkennen der Ursache der Fehler durch Verwendung eines einwandfreien Einsatzhärtepulvers beheben läßt. In vielen Fällen ist die Zerstörung jedoch so wesentlich, daß die Heizelemente vorzeitig ausgewechselt werden müssen. Gegen schwefelhaltige Atmosphären sind Chrom-Nickel-Legierungen mit geringem Nickelgehalt beständiger als solche mit hohem Nickelgehalt und nickelfreie Legierungen, wie z. B. die hitzebeständigen Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen, vollkommen beständig.

Systematische Untersuchungen über das Verhalten von Chrom-Nickel- und Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen gegen Gase bei hohen Temperaturen[1]) haben gezeigt, daß eigentlich nur reiner Wasserstoff hoch erhitzte Metalllegierungen nicht angreift. Kohlenstoffhaltige Gase, die meist mit reduzierenden Bedingungen der Atmosphäre Hand in Hand gehen, verursachen eine starke Aufkohlung, wobei dieselbe um so größer ist, je höher der Eisengehalt und je niedriger der Aluminiumgehalt der Legierungen ist.

Verhältnismäßig neu ist die Erkenntnis, daß auch Stickstoff gegenüber hoch erhitzten Metallegierungen nicht vollkommen ohne Einwirkung ist und daß sich insbesondere in den Legierungen mit hohem Chromgehalt Verbindungen des Stickstoffs mit dem Chrom bilden, die zu starken Stickstoffaufnahmen chromhaltiger Legierungen führen. Die Stickstoffaufnahme wird besonders begünstigt durch gleichzeitige Anwesenheit von Aluminium, während ein Nickelgehalt die Stickstoffaufnahme verlangsamt bzw. verhindert.

Abb. 10 zeigt den Querschnitt durch einen Draht einer Heizleiterlegierung mit 30 % Chrom und 5 % Aluminium nach fünfeinhalbstündiger Glühung bei 1400 ° in Stickstoff. Die mit 160facher Vergrößerung angefertigte

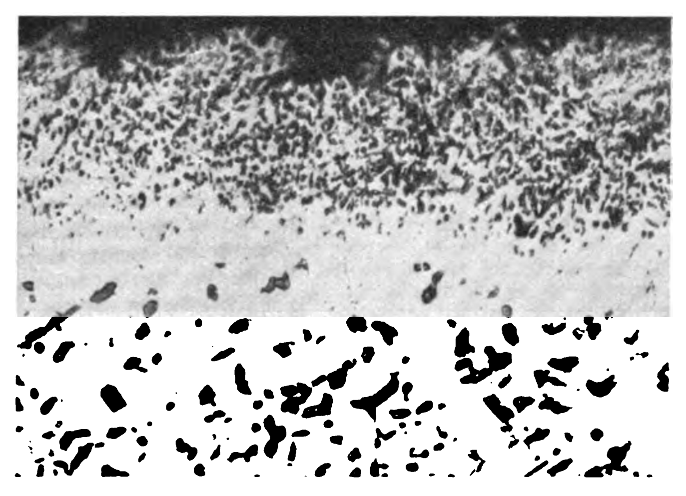


Abb. 10. Bildung von Nitriteinschlüssen in Cr-Al-Fe-Heizleitern.

Mikroaufnahme zeigt das Gefüge in der Nähe der Oberfläche, und man erkennt deutlich unter der Oxydzone in dem noch nicht oxydierten Metallgefüge geradlinig begrenzte kristalline Einschlüsse, die aus Aluminium- und Chromnitrid bestehen und zu einer Verarmung der Legierungen an Aluminium und Chrom führen und dadurch die Beständigkeit der Heizleiterlegierungen sehr stark heruntersetzen.

Die vorstehenden Beispiele sollen Anregung zum Nachdenken für alle diejenigen geben, die Schwierigkeiten in ähnlichen Fällen haben. An der Aufklärung

[1]) W. Hessenbruch, E. Horst, K. Schichtel, Arch. Eisenhüttenw. 11 (1937/38) H. 5, S. 225.

Digitized by Google

solcher Schwierigkeiten sind die Hersteller der hochhitzebeständigen Legierungen ebenso interessiert wie die Verbraucher, und es wird sich sicherlich in allen Fällen durch vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen diesen beiden Gruppen eine Klärung der Schadensfälle herbeiführen lassen.

Zusammenfassung.

Das Gebiet der Elektrowärme zeigt typische Korrosionserscheinungen, von denen einige hier besprochen wurden. Ungeeignete Glimmer- und Asbestsorten greifen Heizleiter an. Die Zerstörung von Heizwicklungen durch Lichtbögen bzw. Nebenschlüsse auf der Oberfläche der feuerfesten Stützkörper wurde behandelt. Die richtige Auswahl der feuerfesten Steine für elektrische Glühöfen wurde betont und an Beispielen gezeigt, wie bei minderwertigen Steinen Reaktionen zwischen dem Heizleiter und dem Stein, ja sogar Wärmedurchschläge durch dicke Steinquerschnitte eintreten können. Fremde, niedrig schmelzende Metalloxyde sowie von Salzen geschmolzene Metalle und dergleichen wirken auf Heizleiterwerkstoffe stark ein und können zu schneller Zerstörung führen. Der Angriff der Heizleiter durch Gase wurde kurz behandelt, wobei auf die typischen Schwefelpocken beim Auftreten schwefelhaltiger Gase in der Nachbarschaft von Heizleitern hingewiesen wurde.

Einführung zu VDE 0450/1939

Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke[1]).

Von **E. Marx VDE**, Braunschweig, und **P. Jacottet VDE**, Berlin.

DK 621.3.015.33 (083.133.1)

Einleitung.

Bereits im Jahre 1925 wurden in Deutschland Leitsätze für die Prüfung von Hochspannungsisolatoren mit Stoßspannungen aufgestellt[2]). Allgemeine Festsetzungen über die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen enthielten die im Jahre 1933 bekanntgegebenen Leitsätze[3]). Seit dieser Zeit ist die Verwendung von Stoßspannungen zur Prüfung des Sicherheitsgrades von elektrischen Anlagen und Anlageteilen, insbesondere gegen Gewitterüberspannungen, stark angewachsen. Die Bedeutung der Untersuchungen mit Stoßspannungen spiegelt sich in sehr zahlreichen deutschen und ausländischen Veröffentlichungen wider[4]). Die Entwicklung des Kathodenstrahl-Oszillographen, mit dem heute der Verlauf von Stoßspannungen in elektrischen Anlagen sowie bei Prüfungen, auch bei außerordentlich schnellen Spannungsänderungen, aufgenommen werden kann, hat die Kenntnisse über Stoßspannungsvorgänge stark erweitert. Die inzwischen gewonnenen Erfahrungen haben eine Neubearbeitung der deutschen Leitsätze vom Jahre 1933 notwendig gemacht. Nachstehend werden die wichtigeren Punkte dieser neubearbeiteten „Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke VDE 0450/1939" im einzelnen erläutert und die Gründe für die Abänderungen gegenüber der früheren Fassung mitgeteilt.

Unter maßgeblicher deutscher Mitarbeit hat die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) entsprechende Bestimmungen[5]) aufgestellt und auf der vorjährigen IEC-Volltagung in Torquay[6]) endgültig angenommen. Die neuen deutschen Bestimmungen gleichen in den grundlegenden Festsetzungen den IEC-Regeln. In einzelnen Bestimmungen, beispielsweise über die Schaltung des Stoßkreises sowie die Berechnung der Kenngrößen des Stoßkreises, gehen sie über die IEC-Bestimmungen hinaus. Die Abweichungen der deutschen Leitsätze von den IEC-Regeln sind in den nachstehenden Ausführungen jeweils angeführt[7]).

Zweck der Stoßspannungsprüfung.

(Zu § 2.)

Bekanntlich werden Überschlags- und Durchschlagsversuche mit Stoßspannungen an Hochspannungsgeräten ausgeführt, um den Nachweis ihrer ausreichenden Isolation gegen Gewitterüberspannungen zu erbringen sowie um Anhaltspunkte über die zweckmäßige Isolationsabstufung und über die Wahl geeigneter Maßnahmen für den Überspannungsschutz zu gewinnen. Um die Ergebnisse derartiger von verschiedenen Stellen mit Stoßspannungen ausgeführten Untersuchungen vergleichbar zu machen, wurden einheitliche Festlegungen für die Erzeugung von Stoßspannungen, für die Wahl genormter Wellenformen sowie für die Durchführung der Stoßprüfung und die Spannungsmessungen getroffen.

Begriffserklärungen.

(Zu § 3.)

Auf eine genaue und ausführliche Erläuterung der beim Arbeiten mit Stoßspannungen zu benutzenden Begriffe wurde im Text und in den Abb. 1 bis 3 der neuen Leitsätze großer Wert gelegt, da durch Verwendung einheitlicher Bezeichnungen das Verständnis für die bei Stoßversuchen auftretenden Erscheinungen gefördert und die Zusammenarbeit in verschiedenen Laboratorien stark erleichtert wird.

In den neuen Leitsätzen wird unterschieden zwischen vollen Stoßspannungen und abgeschnittenen Stoßspannungen, wie sie bei Überschlägen an Prüflingen vorliegen. Die wichtigsten Größen zur Kennzeichnung des zeitlichen Verlaufes einer Stoßspannung sind ihr Scheitelwert, ihre Stirnzeit und Rückenhalbwert-Zeit. Zur Ermittlung der Stirnzeit werden diejenigen Punkte auf der Anstiegskurve der Stoßspannung benutzt, in denen der Augenblickswert der Spannung 10 % bzw. 90 % des Scheitelwertes beträgt (Abb. 1 der

---

[1]) Der Entwurf dieser Leitsätze ist auf S. 874 dieses Heftes abgedruckt.

[2]) Siehe ETZ 46 (1925) S. 1669; 47 (1926) S. 688 und 862 sowie VDE 0447/1926 „Leitsätze für die Prüfung von Hochspannungsisolatoren mit Spannungsstößen."

[3]) ETZ 54 (1933) S. 290; 55 (1934) S. 522. — VDE 0450/1933 „Leitsätze für die Prüfung mit Spannungsstößen". — In den V. S. Amerika sind im Jahre 1933 erstmalig Leitsätze für die Prüfung mit Stoßspannungen aufgestellt worden. Vgl. Electr. Engng. 52 (1933) S. 17.

[4]) Eine Übersicht über die wesentlichsten in- und ausländischen Arbeiten befindet sich in ETZ 58 (1937) S. 41 u. 69, insbesondere Schrifttumsverzeichnis S. 72; ETZ 59 (1938) S. 197. — Vgl. auch R. Elsner, „Stoßspannungsanlagen", Z. VDI 83 (1939) S. 623 und die zusammenfassende Darstellung in dem Buch R. Strigel, Elektrische Stoßfestigkeit, Berlin 1939. — Ferner W. Estorff, „Die Bemessung der Isolation elektrischer Hochspannungsanlagen", ETZ 60 (1939) H. 28, S. 825 und H. 29, S. 860.

[5]) IEC-Publication 60—1938 „General Specifications for Impulse-Voltage Tests".

[6]) ETZ 59 (1938) S. 1327.

[7]) Bezüglich der internationalen Vereinheitlichungen auf dem Gebiete der Stoßspannungsprüfungen siehe P. Jacottet und W. Weicker, ETZ 59 (1938) S. 366.

Leitsätze). Man zieht durch diese Punkte eine gerade Linie; diese schneidet die Zeitachse im Punkte 0_1, dem Nennbeginn der Stoßspannung. Ferner legt man eine Waagerechte durch den Scheitelwert. Der zwischen 0_1 und der Waagerechten durch den Scheitelwert liegende Abschnitt der annähernd in der Stirn des Stoßes verlaufenden ansteigenden geraden Linie wird auf die Zeitachse projiziert; diese Projektion (T_s in Abb. 1) heißt die Stirnzeit[8]); sie läßt sich aus Kathodenstrahl-Oszillogrammen ermitteln. Diese Festsetzung der Stirnzeit entspricht den IEC-Regeln sowie der Gepflogenheit in den meisten Ländern. In den Leitsätzen von 1933 war zur Kennzeichnung der Stirndauer eine andere Festlegung getroffen (hergeleitet aus der an die Anstiegskurve der Stoßspannung im halben Scheitelwert gelegten Tangente). Nach den neuen Begriffserklärungen ergibt sich bei derselben Stoßspannung für die Stirnzeit ein etwas größerer Wert als für die Stirndauer nach der früheren Ermittlung. Eine Stirnzeit von 1 µs nach der neuen Bezeichnung entspricht einer Stirndauer von etwa 0,75 µs nach der alten Festlegung.

Als Nennwert der Stirnsteilheit einer vollen (bzw. auf dem Rücken oder Scheitel abgeschnittenen) Stoßspannung wird das Verhältnis aus dem Scheitelwert und der Stirnzeit (der entsprechenden vollen Stoßspannung) bezeichnet. Bei auf der Stirn abgeschnittenen Stoßspannungen wird lediglich die Stirnsteilheit (und nicht die Stirnzeit) definiert, und zwar als Anstiegsgeschwindigkeit (in Kilovolt je Mikrosekunde) zwischen dem 0,1- und 0,9fachen Augenblickswert der Durchbruchspannung.

Neu wurde in Übereinstimmung mit der IEC der Begriff der Rückenhalbwert-Zeit (gerechnet vom Nennbeginn der Stoßspannung bis zum halben Scheitelwert auf dem Rücken; T_r in Abb. 1) aufgenommen. Dieser Begriff soll zur Kennzeichnung des Rückens der Stoßspannung in erster Linie benutzt werden. Außerdem wurde der in den alten Leitsätzen VDE 0450/1933 aufgeführte Begriff der Halbwertdauer (Zeit, während der die Spannung den halben Scheitelwert der Stoßspannung überschreitet) beibehalten[9]). Diese Größe eignet sich zur Kennzeichnung der bei Ableiterprüfungen verwendeten Wellenform der Stoßströme[10]) (stark gedämpfte Sinusschwingungen mit nahezu gleicher Zeitdauer für den Stromanstieg und Stromabfall) besser als die Rückenhalbwert-Zeit und hat daher in den deutschen[11]), ausländischen[12]) und internationalen[13]) Prüfvorschriften für Ableiter Eingang gefunden. Dagegen wird für die Berechnung der genormten Stoßspannungen nach § 6 die Rückenhalbwert-Zeit und nicht die Halbwertdauer zugrunde gelegt.

Unter Überschlag-Stoßspannung ist in jedem Falle der Höchstwert der tatsächlich während der Prüfung am Prüfling auftretenden Spannung zu verstehen. Dieser Wert kann durch eine zum Prüfling parallel geschaltete Meßfunkenstrecke gemessen werden, wenn die Spannung wenigstens etwa eine Mikrosekunde lang in der Nähe des Scheitelwertes verbleibt. Wenn Überschläge bereits in der Stirn der Stoßspannung auftreten, kann auf einen sehr steilen Anstieg unmittelbar ein fast unendlich rascher Zusammenbruch folgen. Die Überschlag-Stoßspannung kann in solchen Fällen nur mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen ermittelt werden. — Es werden zwei Arten von Überschlag-Stoßspannungen unterschieden, nämlich die 50 %-Überschlag-Stoßspannung[14]) und die überschießende Stoßspannung. Beide Werte hängen von der Form und der Polarität der Stoßspannung ab. Bei gegebener Stirn- und Rückenhalbwert-Zeit und bei gegebener Dichte sowie Feuchtigkeit der Luft gibt es für einen Prüfling bei jeder Polarität nur einen Wert der 50 %-Überschlag-Stoßspannung, während beliebig viele Werte der überschießenden Stoßspannung bestehen. Der Betrag der überschießenden Stoßspannung wird um so höher, je weiter die Spannung des Stoßspannungserzeugers bei gleicher Form der Stoßspannung gesteigert wird.

Als Stoßverhältnis wird der Quotient aus der jeweiligen Überschlag-Stoßspannung (meist der 50 %-Überschlag-Stoßspannung) und dem Scheitelwert der betriebsfrequenten Überschlag-Wechselspannung bezeichnet. Diese Begriffserklärung wurde aufgenommen, obgleich ihr folgender Mangel haftet. Die Polarität des Überschlages bei Betriebsfrequenz hängt von dem elektrischen Feld der betreffenden Anordnung ab, der Überschlag erfolgt in der Halbwelle der geringeren elektrischen Festigkeit. Bei dem Vergleich der Überschlag-Stoßspannung der anderen Polarität mit der betriebsfrequenten Überschlag-Wechselspannung können also Zähler und Nenner im Stoßverhältnis auf verschiedene Polaritäten bezogen sein. Um diesen Nachteil zu vermeiden, wurde in Erwägung gezogen, im Nenner des Stoßverhältnisses die Überschlag-Gleichspannung gleicher Polarität einzusetzen; aber dieser physikalisch gut begründete Vorschlag wurde mit Rücksicht auf die Schwierigkeit, jeweils Gleichspannungen passender Höhe zur Verfügung zu haben, wieder fallengelassen. Der Begriff des Stoßverhältnisses nach dem Wortlaut der neuen Sätze hat sich im Schrifttum weitgehend eingebürgert[15]). Das Stoßverhältnis wird gleich 1 bei homogenem elektrischem Feld, es wächst bei größer werdender Inhomogenität des Feldes, bei stärkerem Überschießen der Stoßspannung sowie bei abnehmender Rückenhalbwert-Zeit. Das Stoßverhältnis kann bei sonst gleichen Versuchsbedingungen als Kennzeichen für die Inhomogenität des Feldes eines Prüflings angesehen werden.

Zur Kennzeichnung der Zeitspanne, die zur Ausbildung eines vollen Überschlags an einem Prüfling nötig ist, wird in den neuen Leitsätzen der Begriff der Überschlagszeit eingeführt. Sie wird gerechnet vom Nennbeginn der Stoßspannung an bis zum Spannungszusammenbruch infolge eines Überschlages. Diese Zeit kann aus Kathodenstrahl-Oszillogrammen entnommen werden. Eine Schwierigkeit entsteht besonders bei kurzzeitigen Stoßspannungen, wenn der Spannungszusammenbruch bei stark inhomogenem Feld des Prüflings infolge von Vorentladungen allmählich erfolgt. Als Zeitpunkt des Spannungszusammenbruches ist dann zweckmäßig der Punkt zu nehmen, von dem ab der Zusammenbruch der Spannung sichtlich beschleunigt verläuft. Auch dieser Begriff der Überschlagszeit ist für den Sicherheitsgrad von elektrischen Anlagen sehr wichtig. Zwei Anordnungen mit gleich hoher Überschlag-Wechselspannung können stark verschiedene Überschlagszeiten bei Stoßspannung besitzen. Beim Auftreten von Stoßspannungen an zwei solchen Anordnungen wird im allgemeinen nur die mit der kleineren Überschlagszeit zum Überschlag kommen. An Stelle der Überschlagszeit wird im Schrifttum vielfach zur Kennzeichnung der Zeitverzögerung der Überschlagsverzug benutzt. Hierunter ist diejenige Zeitspanne zu verstehen, während der die Stoßspannung den Scheitelwert der Überschlag-Wechselspannung überschreitet. Dieser Begriff, der übrigens in den IEC-Regeln neben der Überschlagszeit in einer

---

8) In Übereinstimmung mit den Leitsätzen für Überspannungsschutzgeräte VDE 0675/I. 38, § 5; siehe auch ETZ 58 (1937) S. 615 und 59 (1938) S. 131, dort noch mit Stirndauer bezeichnet.

9) Dieser Begriff ist in den IEC-Regeln nicht enthalten, soll möglicherweise aber später aufgenommen werden.

10) Vgl. D. Müller-Hillebrand, ETZ 58 (1937) S. 589 u. f. (insbes. Abb. 1).

11) VDE 0675/I. 38, siehe auch Fußnote 8.

12) Schweizerischer Elektrotechniker Verein Publikation Nr. 132, vgl. Bull. Schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 611.

13) K. Berger „Règles pour parafoudres" CIGRE-Bericht 341/1937 und „Draft Proposal for a Specification for Lightning Arrester" CIGRE-Bericht 328/1939.

14) In den alten Leitsätzen ist dieser Wert als Mindest-Stoßüberschlagspannung bezeichnet worden. Diese Benennung wurde fallen gelassen, weil sich dann, wenn man am Prüfling weniger als 50% Überschläge erhält, noch etwas niedrigere Werte der Überschlagspannung ergeben.

15) Auch in den IEC-Regeln ist eine mit den deutschen Leitsätzen übereinstimmende Begriffserklärung für das Stoßverhältnis enthalten.

Digitized by Google

Anmerkung erwähnt ist, wurde in die neuen Leitsätze nicht übernommen wegen der bereits bei der Erläuterung des Begriffes „Stoßverhältnis" erwähnten Polaritätseinflusses.

Das Verhalten eines Hochspannungsgerätes gegenüber Stoßspannungen von gleicher Form, gleicher Polarität, aber verschiedenem Scheitelwert wird in vollständiger Weise gekennzeichnet durch die Stoßkennlinie. Diese stellt die Überschlag-Stoßspannung in Abhängigkeit von der Überschlagzeit dar[16]). In Abb. 3 der Leitsätze ist eine solche Stoßkennlinie aufgezeichnet. In dieses Bild sind zugleich die Stoßspannungen schematisch eingezeichnet, aus denen die Stoßkennlinie gewonnen wurde. Die Aufnahme einer solchen Stoßkennlinie ist nur unter Zuhilfenahme eines Kathodenstrahl-Oszillographen möglich.

Mit Rücksicht auf Durchschlagsversuche wurden in den neuen Leitsätzen auch die Begriffe „Durchschlag-Stoßspannung" und „Durchschlagzeit" festgelegt.

Da für die Berechnung der Kenngrößen des Stoßkreises nach § 6 das von der Art der Schaltung abhängige Verhältnis der am Prüfling verfügbaren Höhe der Stoßspannung zur Ladespannung des Stoßspannungserzeugers benötigt wird, erschien es zweckmäßig, in den deutschen Leitsätzen dieses Verhältnis als Ausnutzungsgrad besonders zu kennzeichnen.

Erzeugung von Stoßspannungen und Schaltung.

(Zu § 4.)

Nach Erklärung der einzelnen Kenngrößen des Stoßkreises (C_s, C_b, R_d, R_e, L) und ihres Einflusses auf die Stirnzeit bzw. Rückenhalbwert-Zeit der Stoßspannung werden zwei vereinfachte der rechnerischen Behandlung von Stoßspannungen (vgl. § 6) zugängliche Ersatzschaltbilder des Stoßkreises gebracht, von denen das erste (Abb. 4 a) bereits in VDE 0450/1933 enthalten war. Das zweite auch von der IEC angegebene Ersatzschaltbild (Abb. 4 b), in dem der Entladewiderstand R_e vor dem Dämpfungswiderstand R_d angeordnet ist, wurde neu aufgenommen. Diese Schaltung hat, wie auch Abb. 6 zeigt, gegenüber der ersteren den Vorteil einer besseren Ausnutzbarkeit[17]) der Stoßanlage, insbesondere für Stoßspannungen kurzer Rückenhalbwert-Zeit (5 µs). Die in Abb. 4 a und 4 b angegebenen Schaltungen stellen nur Beispiele dar, auch mit anderen Schaltungen[18]) können Stoßspannungen der gewünschten Form erzielt werden.

Die in VDE 0450/1933 und auch bei der IEC vorgesehene Bestimmung, wonach die Stoßkapazität mindestens gleich der fünffachen Belastungskapazität sein soll, wurde in den neuen deutschen Leitsätzen fallengelassen. Diese Einschränkung ist infolge der in den Leitsätzen angegebenen neuen Berechnungsgrundlagen (vgl. § 6) nicht mehr erforderlich. Bei Prüflingen von großer Eigenkapazität, wie Transformatoren oder Kabeln, führt diese frühere Bestimmung außerdem zu außerordentlich großen wirtschaftlich kaum tragbaren Stoßkapazitäten. In den neuen Leitsätzen wurde deshalb lediglich eine Mindest-Stoßkapazität von 1 nF gefordert.

Bei räumlich ausgedehnten Stoßspannungsanlagen für hohe Spannungen ist im allgemeinen ein genaueres Ersatzschaltbild (vgl. Abb. 5) zugrunde zu legen[19]), das allerdings keine einfache Berechnung der Form der Stoßspannung mehr zuläßt, sondern die Verwendung eines Kathodenstrahl-Oszillographen zur Nachprüfung des Stoßspannungsverlaufes erforderlich macht.

Genormte Stoßspannungen.

(Zu § 5.)

Die in VDE 0450/1933 vorgesehene Vielzahl von Formen genormter Stoßspannungen hat sich nicht eingebürgert und wurde daher bei der Neubearbeitung der deutschen Leitsätze auf drei eingeschränkt. Die Stirnzeit 1 µs und die Rückenhalbwert-Zeit 50 µs wurden als vorzugsweise zu verwendende festgelegt. Diese Stoßspannung 1|50 hat sich bei Stoßspannungsversuchen im In- und Ausland weitgehend eingeführt und entspricht den bei Gewitterbeanspruchungen auftretenden Stoßspannungen im Mittel am besten. Daneben werden noch die kürzeren Stoßspannungen 1|5 bzw. 1|10 empfohlen[20]). Da die Erzeugung der kurzen Stoßspannung 1|5 bei gewissen Schaltungen des Stoßkreises nur mit sehr schlechter Ausnutzung der Stoßspannungserzeuger möglich ist (vgl. Abb. 6), wurde in den deutschen Leitsätzen auch die Stoßspannung 1|10 genormt. Wenn kein Kathodenstrahl-Oszillograph zur Verfügung steht, kann man die 50 %-Überschlag-Stoßspannung in Abhängigkeit von der Rückenhalbwert-Zeit T_r für die drei genormten Rückenhalbwert-Zeiten $T_r = 50$; 10; 5 µs darstellen. Man erhält dadurch eine Art Überschlagskennlinie, da bekanntlich bei fast allen technischen Anordnungen (mit inhomogener Feldverteilung) die 50 %-Überschlag-Stoßspannung mit kleiner werdender Rückenhalbwert-Zeit zunimmt.

Die zulässigen Abweichungen von der genormten Stirnzeit 1 µs betragen ± 50 %, von den genormten Werten der Rückenhalbwert-Zeit nur ± 10 %[21]). Die große Toleranz in der Stirnzeit ist notwendig, weil bei Berechnung der Stirnzeit verschiedene Vernachlässigungen gemacht werden müssen und weil nicht bei jeder Prüfung ein Kathodenstrahl-Oszillogramm aufgenommen werden kann. Die Vernachlässigungen bei der Rechnung bestehen z. B. darin, daß die Ausbildung des Funkens an den Zünd- und Schaltfunkenstrecken als unendlich kurz und die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Elektrizität als unendlich groß angenommen wurden. Bei den Rückenhalbwert-Zeiten ist eine geringere Toleranz vorgesehen, weil die Rückenhalbwert-Zeit im allgemeinen groß gegenüber der Stirnzeit ist und weil der Verlauf des Rückens der Stoßspannung der Vorausberechnung leichter zugänglich ist, als dies bei der Stirn der Fall ist. Außerdem würde bei zu großen Toleranzen für die Rückenhalbwert-Zeit eine Unsicherheit bezüglich der Höhe der Überschlag-Stoßspannung von Prüflingen (bei Rückenüberschlägen) eintreten, da bei Anordnungen mit inhomogenem Feld der Wert der Überschlag-Stoßspannung von der Länge der Rückenhalbwert-Zeit abhängig ist.

Wenn auch durch geeignete Bemessung des Dämpfungswiderstandes R_d ein möglichst aperiodischer Verlauf der Stoßspannungen anzustreben ist, erschien es trotzdem nicht zu umgehen, bei der Neubearbeitung der deutschen Leitsätze eine Oberwelligkeit bis höchstens 5 % des Scheitelwertes der Stoßspannung zuzugestehen. Da infolge der ungleichmäßigen Feldverteilung der Überschlag an den meisten Prüflingen bei der 50 %-Überschlag-Stoßspannung erst mit einer solchen Verzögerung auftritt, daß überlagerte Hochfrequenzschwingungen bereits abgeklungen sind, sind geringfügige Oberwellen für das Überschlagverhalten des Prüflings meist ohne Belang. Dagegen ist aber bei der Messung von Stoßspannungen mit der Kugelfunkenstrecke zu beachten, daß diese auf den Höchstwert überlagerter Oberwellen anspricht und daher in diesem Falle höhere Span-

[16]) In die IEC-Regeln ist dieser Begriff der Stoßkennlinie noch nicht aufgenommen worden, im Schrifttum wird jedoch meist von dieser Darstellungsweise Gebrauch gemacht. Die Verzögerung der Überschlagsvorgänge beim Arbeiten mit Stoßspannungen kann auch in anderer Weise dargestellt werden, s. z. B. R. Elsner „Zur Frage der rechnerischen Ermittlung von Überschlagsverzugskennlinien als Funktion der Halbwertdauer" ETZ 59 (1938) S. 315.

[17]) W. Marguerre, „Die Erzeugung normgerechter Stoßspannungen bei hoher Ausnutzung der Stoßanlage", ETZ 59 (1938) S. 1205 u. 1234.

[18]) siehe Fußnote 17.

[19]) R. Elsner, „Die Vorausberechnung von Stoßgeneratoren und ihrer Stoßwellen" ETZ 59 (1938) S. 375.

[20]) In den IEC-Regeln sind die Stoßspannungen 1|50 und 1|5, in den V. S. Amerika die Stoßspannungen 1,5|40 und 1|5 genormt worden.

[21]) Bei der IEC ± 20 %.

Digitized by Google

nungswerte vortäuscht, als der oberwellenfreien Grundform der Stoßspannung entspricht.

Ob der Dämpfungswiderstand (vgl. § 6, Formel (3)) ausreichend groß bemessen ist, um genügende Oberwellenfreiheit der Stoßspannung zu gewährleisten, kann auch ohne Kathodenstrahl-Oszillograph folgendermaßen festgestellt werden[22]):

Parallel zu einer im Prüfkreis liegenden fest eingestellten Spitzen- oder Stabfunkenstrecke wird eine Kugelfunkenstrecke geschaltet. Die 50 %-Überschlag-Stoßspannung der Spitzen- oder Stabfunkenstrecke wird nun mit der Kugelfunkenstrecke für einen bestimmten Wert des Dämpfungswiderstandes R_d gemessen. Hierbei werden die Überschläge an der Stabfunkenstrecke stets im Rücken der Stoßspannung, d. h. erst dann erfolgen, wenn etwa vorhandene Oberwellen abgeklungen sind. Der Versuch wird für größere Werte von R_d und gleichbleibende Schlagweite der Stabfunkenstrecke wiederholt, wobei aber die übrigen Kenngrößen des Stoßkreises vorher so zu verändern sind (vgl. § 6 der Leitsätze), daß die Form der Stoßspannung die gleiche bleibt, wie beim ersten Versuch. Die Versuche werden nach dem gleichen Verfahren so lange wiederholt, bis die jeweils mit der Kugelfunkenstrecke gemessenen Werte der 50 %-Überschlag-Stoßspannung der Stabfunkenstrecke bei Vergrößerung von R_d nicht mehr merklich abnehmen. Alsdann kann der Dämpfungswiderstand als ausreichend und die Stoßspannung als praktisch oberwellenfrei angesehen werden.

Berechnung der Kenngrößen des Stoßkreises.
(Zu § 6.)

Während die IEC sich auf eine kurze Angabe beschränkt, daß die Form der Stoßspannung aus den Kenngrößen des Stoßkreises (unter Berücksichtigung der Kapazität des Prüflings) rechnerisch ermittelt werden kann, entsprach es bei der Neubearbeitung der deutschen Leitsätze einem allgemeinen Wunsch, ein leicht handzuhabendes Verfahren zur Berechnung der Stoßkreis-Kenngrößen aufzunehmen. Hierbei wird vorausgesetzt, daß, wenn ein Kathodenstrahl-Oszillograph nicht ständig zur Verfügung steht, wenigstens eine einmalige Überprüfung der Anlage mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen vorgenommen wird (vgl. § 8 a) 1.). Es hat sich nun gezeigt, daß die in §§ 8 und 9 der alten Leitsätze VDE 0450/1933 angegebenen Berechnungsformeln[23]) nur unter bestimmten Einschränkungen gültig sind und u. U. zu erheblichen Fehlern führen können, wobei außerdem die neuen Begriffserklärungen der Form der Stoßspannungen nach § 3 von VDE 0450/1939 sowie das neue Schaltbild des Stoßkreises (vgl. Abb. 4 b) damals noch nicht berücksichtigt worden sind. Aus diesem Grunde wurde ein neues Berechnungsverfahren ausgearbeitet[24]) und in die Leitsätze aufgenommen. Dieses gestattet, in Abhängigkeit von der Stoßkapazität C_s und der Belastungskapazität C_b die erforderlichen Werte des Dämpfungswiderstandes R_d und Entladewiderstandes R_e zu ermitteln. Außerdem wurden noch für die Berechnung der am häufigsten vorkommenden genormten Stoßspannung 1|50 abhängig von den Kenngrößen des Stoßkreises anschauliche Näherungsformeln[25]) aufgenommen.

Durchführung der Stoßüberschlagprüfung.
(Zu § 7.)

Über die IEC-Regeln hinausgehend finden sich in den neuen deutschen Leitsätzen Einzelheiten über die Ausführung von Stoßüberschlagprüfungen, z. B. über die Anzahl (mindestens 20) und zeitlichen Abstände (mindestens 1 s) der Stöße, über die Einstellung der Spannung am Stoßspannungserzeuger usw.

Da es für die Ermittlung der 50 %-Überschlag-Stoßspannung eines Prüflings oftmals schwer erreichbar ist, daß von sämtlichen Stößen genau die Hälfte zu Überschlägen am Prüfling führt, kann nach VDE 0450/1939 der 50 %-Überschlagswert aus den bei einer kleineren Überschlagszahl bis herab zu 20 % und einer größeren Überschlagszahl bis herauf zu 80 % gemessenen Spannungswerten interpoliert werden. Die prozentuale Anzahl der Überschläge, aufgetragen in Abhängigkeit von der Höhe der Überschlag-Stoßspannung, zeigt einen dem Gaußschen Fehlerintegral ähnlichen Kurvenverlauf, wobei der Kurventeil zwischen 20 %- und 80 %-Überschlägen angenähert durch eine geneigte gerade Linie ersetzt werden kann.

Wird die Spannung des Stoßspannungserzeugers ständig gesteigert, so daß zunächst mehr als 50 % aller Stöße, sodann alle Stöße zum Überschlag am Prüfling führen, so tritt der Überschlag in immer kürzerer Zeit auf, wobei die Überschlag-Stoßspannung gegenüber dem 50 %-Überschlagswert stetig zunimmt (überschießende Stoßspannung). Dabei wird u. U. schließlich eher ein Durchschlag als ein Überschlag auftreten.

Messung von Stoßspannungen.
(Zu § 8.)

Gegenüber den alten deutschen Leitsätzen aus dem Jahre 1933 wurde in VDE 0450/1939 die Benutzung des Kathodenstrahl-Oszillographen zur Messung des Verlaufs der Stoßspannungen und zur Überprüfung der Stoßanlage stärker in den Vordergrund gerückt.

Um eine einheitliche Auswertung von Kathodenstrahl-Oszillogrammen über Stoßvorgänge zu gewährleisten, wurden Richtlinien über das Auftragen von Stoßkennlinien gegeben, die auf die Streuung der Überschlagszeit und der Überschlagspannung Rücksicht nehmen. Dagegen erschien es für den Bedarf der VDE-Leitsätze zu weitgehend, auf die statistischen Gesetze des Entladeverzuges (Überschlagszeit gleich Aufbauzeit zuzüglich Streuzeit[26])) einzugehen.

Die für die Messung der Scheitelwerte von Stoßspannungen mit der Kugelfunkenstrecke notwendigen Angaben wurden in die neuen Leitsätze aufgenommen, beispielsweise über die an der Kugelfunkenstrecke erforderliche relative Zahl der Überschläge (50 % Treffer), die unteren Grenzen der Stirnzeit (1 µs) und Rückenhalbwert-Zeit (5 µs) von Stoßspannungen bzw. der Überschlagszeit (1 bis 2 µs), bis zu denen herab die Stoßeichwerte nach VDE 0430/1939[27]) noch ohne Fehler benutzt werden können.

Bei der Angabe von Überschlag-Stoßspannungen wird Bezugnahme auf einheitliche Luftdichte ($t = 20\,°C$, $b = 760$ Torr, $\delta = 1$) gefordert. Wenn die Überschlag-Stoßspannungen von Isolatoren und Hochspannungsgeräten mit der Kugelfunkenstrecke gemessen werden, so können zur Auswertung die auf normale Luftdichte $\delta = 1$ bezogenen Kugelfunkenstrecken-Eichwerte ohne weitere Luftdichtekorrektur benutzt werden, da die Überschlagspannungen von elektrischen Anordnungen im allgemeinen in ähnlicher Weise von der Luftdichte abhängen wie die Überschlagspannungen von Kugelfunkenstrecken.

Ferner wird nach Möglichkeit eine Bezugnahme auf den Normalwert der absoluten Luftfeuchtigkeit von 11 g/m³ gefordert. Vorläufig sind jedoch nur für Spitzen-

[22]) Vgl. a. N. Lieber, Fußnote 23, S. 10, 26, 28.

[23]) Siehe auch N. Lieber: Untersuchung von Hochspannungs-Stoßanlagen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen zur Erzeugung normgerechter Spannungsstöße. Hescho-Mitt. H. 71/72 (1935) S. 1.

[24]) Nähere Begründung vgl. W. Marguerre, „Die Berechnung des Stoßkreises für eine gegebene Form der Stoßspannung", siehe ETZ 60 (1939) H. 28, S. 837.

[25]) Nach Angaben von R. Elsner.

[26]) Vgl. z. B. R. Strigel, „Über die Aufbauzeit innerhalb des Entladeverzuges", ETZ 59 (1938) S. 1, und „Über die Statistik des Entladeverzuges in Luft von Atmosphärendruck", ETZ 59 (1938) S. 33 und 60.

[27]) Entwurf von VDE 0430 „Regeln für Spannungsmessung mit der Kugelfunkenstrecke" ETZ 60 (1939) S. 99, und P. Jacottet, „Zur Frage der Messung von Hochfrequenzspannungen und Stoßspannungen kürzester Dauer mit der Kugelfunkenstrecke" ETZ 60 (1939) S. 92.

Digitized by Google

funkenstrecken und Hängeisolatoren hinreichend gesicherte Unterlagen zur Berücksichtigung des Feuchtigkeitseinflusses auf die Überschlagspannung (für die Umrechnung auf den Normalwert von 11 g/m³) bekannt und zur Aufnahme in die Isolatorenvorschriften der IEC vorgeschlagen worden[28]). Für andere Isolatorenarten, z. B. Stützenisolatoren, Stützer und Durchführungen, ist der Feuchtigkeitseinfluß auf die Überschlagspannung sehr verschiedenartig. Hierüber liegen neue Untersuchungen[29]) vor, die aber vor Aufnahme entsprechender Bestimmungen in die dafür in Frage kommenden VDE-Leitsätze noch der Überprüfung bedürfen. Zu beachten ist ferner, daß der Feuchtigkeitseinfluß für positive und negative Stoßspannung verschieden ist und mit abnehmenden Werten der Rückenhalbwert-Zeit und Überschlagszeit ebenfalls abnimmt. Aus all diesen Gründen ist es gemäß VDE 0450/1939 unerläßlich, die beim Überschlagsversuch herrschende absolute Luftfeuchtigkeit mit anzugeben, um ihren zum Teil nicht unerheblichen Einfluß auf die Höhe der Überschlag-Stoßspannung im Vergleich zum Normalwert von 11 g/m³ nach den vorhandenen Unterlagen wenigstens abschätzen zu können. Die Luftfeuchtigkeit hat auf die Überschlagspannung der Kugelfunkenstrecke, im Gegensatz zu Anordnungen mit inhomogenem Feld, keinen Einfluß. Bei der Messung von Überschlagspannungen von Prüflingen mit der Kugelfunkenstrecke müssen daher die erwähnten Feuchtigkeitskorrekturen berücksichtigt werden[30]).

[28]) P. Jacottet und W. Weicker, „Internationale Vereinheitlichungen auf dem Gebiet der Stoßspannungsprüfungen" ETZ 59 (1938) S. 366.

[29]) W. Weicker, „Umrechnung der Überschlagspannung von Hochspannungsisolatoren auf einheitliche Luftverhältnisse, insbesondere gleiche Luftfeuchtigkeit", Hescho-Mitt. H. 74/75 (1937) S. 1. — P. H. McAuley, „Flashover Characteristics of Insulation", Electr. J. 35 (1938) S. 273. — T. Nishi u. J. Nakajima, „Effect of Humidity on Dry Flashover of Porcelain Insulators". Sci. Pap. Inst. phys. chem. Res., Tokio, No. 837, Bd. 34, S. 1213, Auszug ETZ 60 (1939) S. 879. — Y. Ishiguro, „Effect of Humidity on Impulse Flashover Voltages of Rod Gaps and Insulators." Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) H. 7, S. 147.

[30]) Siehe Arbeit W. Weicker Fußnote 29.

Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke.

VDE-Ausschuß für die Prüfung mit Stoßspannungen.

DK 621.3.015.33(083.133.1)

VDE 0450.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Einspruchsfrist: 2. September 1939.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1

Geltungsbeginn.

Diese Leitsätze treten am .... in Kraft[1]).

§ 2.

Zweck der Stoßspannungsprüfung.

Die Prüfung mit Stoßspannungen hat den Zweck, das Verhalten von elektrischen Anlagen und ihrer Einzelteile bei kurzzeitig auftretenden Überspannungen, insbesondere bei Gewitterüberspannungen, zu ermitteln.

II. Begriffserklärungen.

(Vgl. auch Abb. 1 bis 3).

§ 3.

a) Stoßspannung ist eine einzelne Spannungswelle einheitlicher Polarität, die ohne merkliche Schwingungen sehr rasch auf einen Höchstwert ansteigt und mehr oder weniger schnell abklingt. Sie wird durch ihren Scheitelwert U_m, ihre Form (Stirnzeit T_s und Rückenhalbwert-Zeit T_r) gekennzeichnet (vgl. Abb. 1). U_m wird in Kilovolt, T_s und T_r in Mikrosekunden angegeben.

b) Nennbeginn der Stoßspannung ist der Schnittpunkt der Zeitachse mit der Verbindungslinie der Punkte auf der Wellenstirn, bei denen die Spannung das 0,1- bzw. 0,9-fache des Scheitelwertes beträgt (vgl. Abb. 1).

[1]) Genehmigt durch ....

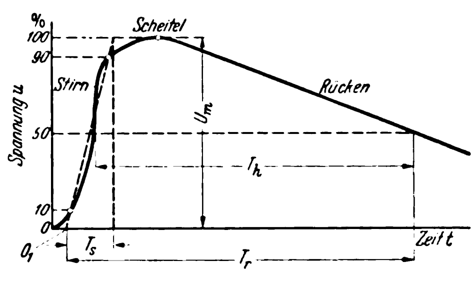
c) Eine volle Stoßspannung liegt vor, wenn im Prüfkreis kein Spannungszusammenbruch erfolgt.

d) Eine abgeschnittene Stoßspannung liegt vor, wenn infolge eines Überschlages oder Durchschlages im Prüfkreis ein Spannungszusammenbruch erfolgt. Der Spannungszusammenbruch kann auf dem Rücken, auf dem Scheitel oder auf der Stirn erfolgen.

e) Stirn der Stoßspannung ist der ansteigende Teil der Spannungswelle.

f) Rücken der Stoßspannung ist der abfallende Teil der Spannungswelle.

g) Stirnzeit T_s (Nennwert) einer vollen Stoßspannung oder einer auf dem Rücken abgeschnittenen Stoßspannung ist die mit 1,25 vervielfachte Zeitspanne, in der die Stoßspannung vom 0,1-fachen auf den 0,9-fachen Betrag ihres Scheitelwertes ansteigt (vgl. Abb. 1).



O_1 Nennbeginn
U_m Scheitelwert in kV
T_s Stirnzeit in µs
U_m/T_s Stirnsteilheit in kV/µs
T_r Rückenhalbwert-Zeit in µs
T_h Halbwertdauer in µs

Abb. 1. Kenngrößen einer vollen Stoßspannung.

h) Stirnsteilheit (Nennwert) einer vollen oder einer auf dem Rücken abgeschnittenen Stoßspannung ist das Verhältnis aus dem Scheitelwert U_m und der Stirnzeit T_s der Stoßspannung.

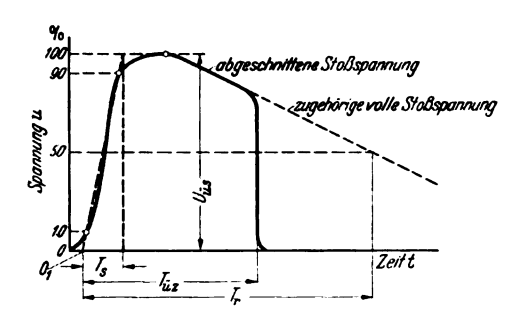
i) Stirnsteilheit einer auf der Stirn abgeschnittenen Stoßspannung ist der zeitliche Spannungsanstieg (in Kilovolt je Mikrosekunde) zwischen dem 0,1-fachen bzw. 0,9-fachen Betrag der tatsächlichen Durchbruchspannung.

k) Rückenhalbwert-Zeit T_r einer vollen Stoßspannung ist die Zeitspanne vom Nennbeginn der Stoßspannung bis zum Halbwert auf dem Rücken (vgl. Abb. 1).

Digitized by Google

l) Halbwertdauer T_h einer vollen Stoßspannung ist die Zeitspanne, während der die Spannung den halben Scheitelwert überschreitet (vgl. Abb. 1).

m) Als Rückenhalbwert-Zeit bzw. Halbwertdauer einer abgeschnittenen Stoßspannung gelten die Werte für die entsprechende volle Stoßspannung (vgl. Abb. 2).



O_1 Nennbeginn
$U_{üs}$ Überschlag-Stoßspannung in kV
T_s Stirnzeit in µs
$U_{üs}/T_s$ Stirnsteilheit in kV/µs
T_r Rückenhalbwert-Zeit in µs
$T_{üz}$ Überschlagzeit in µs

Abb. 2. Kenngrößen einer auf dem Rücken abgeschnittenen Stoßspannung.

n) Überschlag-Stoßspannung allgemein ist der Höchstwert der beim Überschlagversuch am Prüfling auftretenden Stoßspannung. Bei Rückenüberschlägen ist der Höchstwert der vorausgehende Scheitelwert, bei Stirnüberschlägen der im Augenblick des Überschlages auftretende Spitzenwert.

Die Überschlag-Stoßspannung eines Prüflings hängt von der Höhe, der Form [vgl. a)] und der Polarität der angelegten Stoßspannung sowie von der Luftdichte und von der Luftfeuchtigkeit ab.

o) 50%-Überschlag-Stoßspannung[2]) ist diejenige Stoßspannung, bei deren wiederholter Anwendung etwa die Hälfte aller Stöße zum Überschlag am Prüfling (auf dem Rücken bzw. frühestens auf dem Scheitel der Stoßspannung) führt. Sie wird durch ihren Scheitelwert, ihre Stirnzeit und Rückenhalbwert-Zeit gekennzeichnet.

p) Überschießende Stoßspannungen sind solche Stoßspannungen, deren Höchstwert größer als der Scheitelwert der 50%-Überschlag-Stoßspannung ist. Bei ihrer wiederholten Anwendung führen alle (bzw. nahezu alle) Stöße zum Überschlag am Prüfling auf dem Rücken, auf dem Scheitel oder sogar schon auf der Stirn der Stoßspannung. Überschießende Stoßspannungen werden durch ihren Höchstwert und ihre Form [vgl. a)] gekennzeichnet.

q) Stoßverhältnis ist das Verhältnis der Überschlag-Stoßspannung zum Scheitelwert der Überschlag-Wechselspannung bei Betriebsfrequenz. Das Stoßverhältnis hängt von der Höhe, der Form [vgl. a)] und der Polarität der angelegten Stoßspannung ab. Es kann für die 50%-Überschlag-Stoßspannung oder für überschießende Stoßspannungen angegeben werden.

r) Überschlagzeit[3]) (Nennwert) ist die Zeitspanne vom Nennbeginn der Stoßspannung bis zum Zusammenbruch der Spannung beim Überschlag (vgl. Abb. 2).

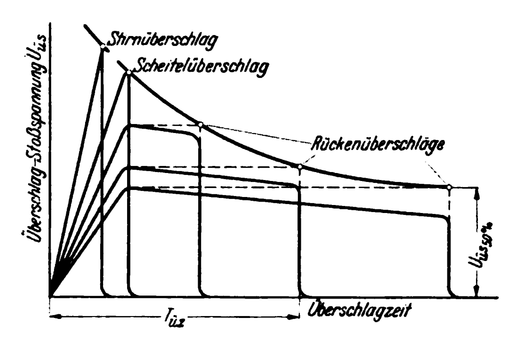
s) Stoßkennlinie eines Prüflings für eine Stoßspannung gegebener Stirnzeit und Rückenhalbwert-Zeit sowie Polarität stellt die Abhängigkeit der Überschlag-Stoßspannung von der Überschlagzeit dar (vgl. Abb. 3).

t) Durchschlag-Stoßspannung ist der Höchstwert der beim Durchschlagversuch am Prüfling auftretenden Stoßspannung. Bei Durchschlägen auf dem Rücken ist der Höchstwert der vorausgegangene Scheitelwert, bei Durchschlägen auf der Stirn der im Augenblick des Durchschlages auftretende Spitzenwert.

Die Durchschlag-Stoßspannung eines Prüflings hängt von der Höhe, der Form [vgl. a)] und der Polarität der angelegten Stoßspannung ab.

[2]) Früher: Mindest-Stoßüberschlagspannung.
[3]) Gelegentlich war es üblich, an Stelle der „Überschlagzeit" diejenige Zeitspanne zu wählen, während der die abgeschnittene Stoßspannung den Scheitelwert der Überschlag-Wechselspannung überschreitet (Überschlagverzug). Diese Darstellungsweise wird jedoch mit Rücksicht auf den Polaritätseinfluß bei Bezugnahme auf die Überschlag-Wechselspannung nicht empfohlen. Die gleiche Schwierigkeit tritt übrigens beim „Stoßverhältnis" nach q) auf.

u) Durchschlagzeit (Nennwert) ist die Zeitspanne vom Nennbeginn der Stoßspannung bis zum Zusammenbruch der Spannung beim Durchschlag.



$T_{üz}$ Überschlagzeit in µs
$U_{üs}$ Überschlag-Stoßspannung in kV
$U_{üs\,50\%}$ 50%-Überschlag-Stoßspannung in kV

Abb. 3. Stoßkennlinie für Stoßspannungen gegebener Stirnzeit und Rückenhalbwert-Zeit.

v) Ausnutzungsgrad eines Stoßspannungserzeugers ist das Verhältnis des Scheitelwertes der an der Belastungskapazität (C_b) auftretenden vollen oder auf dem Rücken abgeschnittenen Stoßspannung zur Ladespannung der Stoßkapazität (C_s).

Bei Vervielfachungsschaltungen mit n in Reihe geschalteten Stufen ist als Ladespannung der n-fache Wert der Ladespannung einer Stufe einzusetzen.

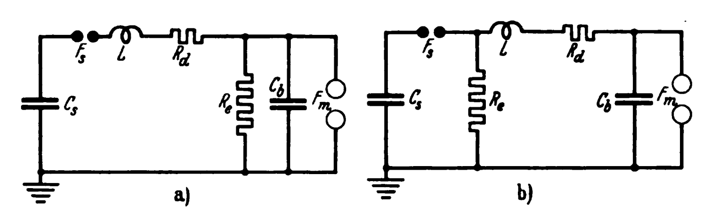
III. Bestimmungen.

§ 4.

Erzeugung von Stoßspannungen und Schaltung.

a) Der Stromkreis zur Erzeugung einer Stoßspannung enthält mindestens vier Größen: eine Stoßkapazität (C_s), eine Belastungskapazität (C_b), einen Dämpfungswiderstand (R_d), einen Entladewiderstand (R_e). Außerdem ist stets eine natürliche, durch die Zuleitungen bedingte Induktivität (L) vorhanden. Stoßkapazität und Entladewiderstand bestimmen in erster Linie die Rückenhalbwert-Zeit, Belastungskapazität und Dämpfungswiderstand die Stirnzeit der Stoßspannung. Nach dem Überschlag der Schaltfunkenstrecke (F_s) tritt die Stoßspannung an den Klemmen des Prüflings auf.

Abb. 4a) und b) zeigen Schaltungsbeispiele.



C_s Stoßkapazität
C_b Belastungskapazität: Kapazität des Prüflings zuzüglich der Kapazität der Leitungen und Meßeinrichtungen gegen Erde (gegebenenfalls durch einen besonderen Kondensator zu vergrößern)
F_s Schaltfunkenstrecke
L Induktivität des Prüfkreises
R_d Dämpfungswiderstand
R_e Entladewiderstand
F_m Meßgerät (z. B. Kugelfunkenstrecke)

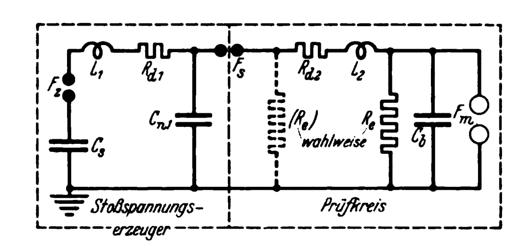
Abb. 4. Vereinfachte Ersatzschaltbilder eines Stoßkreises.

Die Stoßkapazität C_s muß mindestens 1 nF betragen. Als Belastungskapazität gilt zunächst die Kapazität des Prüflings und die Erdkapazität der zu diesem parallel liegenden Leitungen und Meßeinrichtungen. Ist die Belastungskapazität klein, so ist zur Erzielung der gewünschten Stirnzeit die Verwendung eines besonderen Zusatzkondensators zu empfehlen.

b) Bei Anwendung von Vervielfachungsschaltungen ist als wirksame Stoßkapazität (C_s) die Reihenkapazität aller hintereinander geschalteten Kondensatoren einzusetzen. Bei solchen Vervielfachungsschaltungen ist es meist zweckmäßig, einen Teil des Dämpfungswiderstandes im Stoßspannungserzeuger auf die

Digitized by Google

einzelnen Stufen zu verteilen und den Rest in den äußeren Prüfkreis vor die Belastungskapazität zu legen. In solchen Fällen ist vielfach die Benutzung der vereinfachten Ersatzschaltbilder nach Abb. 4 zur Berechnung der Form der Stoßspannung nicht mehr zulässig, da der Einfluß der verteilten Induktivitäten



C_s wirksame Kapazität der Stoßkondensatoren
F_z Zündfunkenstrecke des Stoßspannungserzeugers
L_1 innere Induktivität des Stoßspannungserzeugers
R_{d1} im Stoßspannungserzeuger verteilt eingebauter Dämpfungswiderstand
C_{n1} wirksame Erdkapazität des Stoßspannungserzeugers
F_s Schaltfunkenstrecke zwischen Stoßspannungserzeuger und Prüfkreis
L_2 Induktivität des Prüfkreises
R_{d2} Dämpfungswiderstand im Prüfkreis
R_e Entladewiderstand (wahlweise vor oder hinter R_{d2})
C_b Belastungskapazität: Kapazität des Prüflings zuzüglich der Kapazität der Leitungen und Meßeinrichtungen gegen Erde (gegebenenfalls durch besonderen Kondensator zu vergrößern)
F_m Meßgerät (z. B. Kugelfunkenstrecke)

Abb. 5. Genaueres Ersatzschaltbild eines Stoßkreises.

und Erdkapazitäten des Stoßspannungserzeugers auf den Stirnverlauf der Stoßspannung gegenüber dem Einfluß der verteilten Induktivität und Belastungskapazität des Prüfkreises nicht mehr vernachlässigbar ist.

Das allgemeine Ersatzschaltbild für diesen Fall zeigt Abb. 5. Dieses genauere Ersatzschaltbild ist immer dann zugrunde zu legen, wenn es sich um räumlich ausgedehnte Stoßanlagen für hohe Spannungen, aber gegenüber der Erdkapazität (C_{n1}) des Stoßspannungserzeugers nicht große Belastungskapazitäten (C_b) handelt.

Nur wenn eine oder mehrere Größen in dem Ersatzschaltbild nach Abb. 5 vernachlässigbar klein sind, ist die Berechnung der Form der Stoßspannung (vgl. § 6) mit Hilfe der vereinfachten Ersatzschaltbilder nach Abb. 4 möglich. Dies ist z. B. bei kleineren Anlagen mit gedrängtem Aufbau der Fall, ferner bei großen Anlagen dann, wenn die Belastungskapazität (C_b) sehr groß gegenüber den Nebenkapazitäten (C_{n1}) ist, oder wenn bei kleiner Belastungskapazität die Schwingung des Stoßspannungserzeugers voll gedämpft ist.

Die Berechnung der Form der Stoßspannung nach dem allgemein gültigen Ersatzschaltbild gemäß Abb. 5 bereitet erhebliche Schwierigkeiten, in solchen Fällen ist die Nachprüfung des Stoßspannungsverlaufs mit dem Kathodenstrahloszillographen unerläßlich.

§ 5.

Genormte Stoßspannungen.

a) Allgemeines.

Der zeitliche Verlauf der Stoßspannung soll möglichst aperiodisch sein. Geringfügige überlagerte Hochfrequenzschwingungen sind zulässig, jedoch darf deren Scheitelwert keinesfalls mehr als 5% des Scheitelwertes der Stoßspannung betragen.

b) Genormte Formen der Stoßspannungen.

Bei Stoßprüfungen sind Stirnzeit, Rückenhalbwert-Zeit und Polarität der benutzten Stoßspannung anzugeben. Prüfungen sind vorzugsweise mit Stoßspannungen auszuführen, deren Stirnzeit 1 µs und deren Rückenhalbwert-Zeit 50 µs beträgt (genormte VDE-Stoßspannung 1|50).

Werden kürzere Stoßspannungen benötigt, so wird die Benutzung von Stoßspannungen mit einer Stirnzeit von 1 µs und einer Rückenhalbwert-Zeit von 5 µs bzw. 10 µs (Stoßspannung 1|5 bzw. 1|10) empfohlen.

Abweichungen von den genormten Werten dürfen für die Stirnzeit höchstens ± 50%, für die Rückenhalbwert-Zeit höchstens ± 10% betragen.

§ 6.

Berechnung der Kenngrößen des Stoßkreises.

Wenn die Verwendung der vereinfachten Ersatzschaltbilder 4a) und 4b) nach § 4 zulässig ist, können die Kenngrößen des Stoßkreises durch Rechnung ermittelt werden.

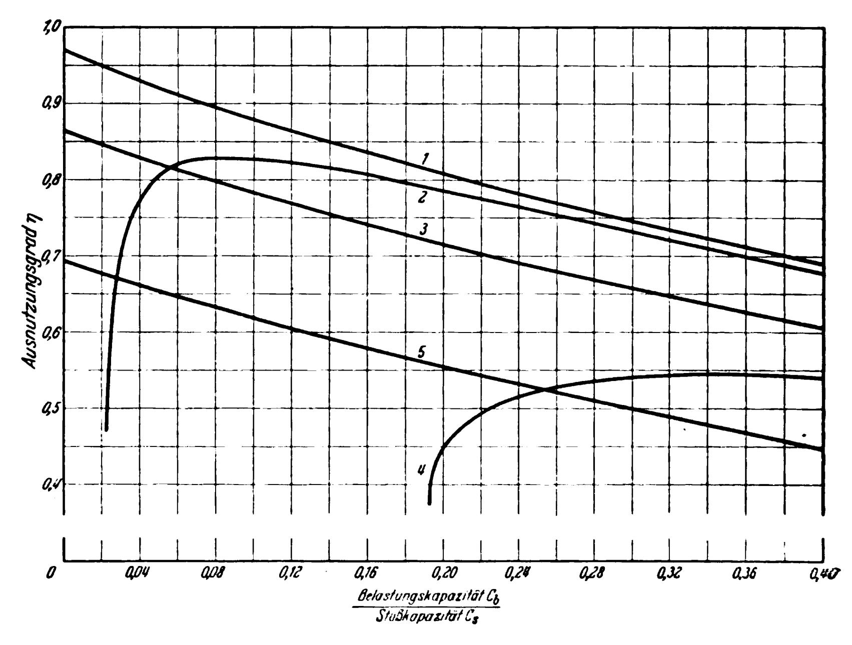
a) Genaueres Berechnungsverfahren.

Für die Ersatzschaltbilder 4a) und 4b) ist der Dämpfungswiderstand (R_d) im wesentlichen durch das Verhältnis der Stirndauer (T_s) zur Belastungskapazität (C_b) und der Entladewiderstand (R_e) im wesentlichen durch das Verhältnis der Rückenhalbwert-Zeit (T_r) zur Stoßkapazität (C_s) bestimmt. Darüber hinaus sind beide Widerstände auch von den übrigen Kenngrößen des Stoßkreises sowie von der Form der Stoßspannung abhängig. Es gilt:

$$R_d = \frac{T_s}{C_b} \cdot \frac{\xi}{\eta} \qquad (1$$

$$R_e = \frac{T_r}{C_s} \cdot \vartheta\, \eta\,. \qquad (2)$$

Hierbei sind die dimensionslosen Größen ξ und ϑ nur vom Verhältnis T_s/T_r und der Ausnutzungsgrad η [vgl. § 3 v)] für eine bestimmte Schaltung und Form der Stoßspannung nur vom Verhältnis C_b/C_s abhängig.



Kurve Nr.	1	2	3	4	5
genormte Stoßspannung T_s/T_r	1|50		1|10		1|5
Ersatzschaltbild nach Abb.	4 b)	4 a)	4 b)	4 a)	4 b)

Abb. 6. Ausnutzungsgrad des Stoßspannungserzeugers abhängig vom Verhältnis Belastungskapazität zu Stoßkapazität.

In Abb. 6 ist η abhängig von C_b/C_s für die Ersatzschaltbilder 4a) und 4b) und für die genormten Stoßspannungen 1|50, 1|10, 1|5 aufgetragen. Mit diesen Kurven können R_d und R_e aus den Formeln (1) und (2) mittels der Werte ξ und ϑ nach Tafel I berechnet werden.

Digitized by Google

Tafel I.

ξ und ϑ abhängig von $T_s|T_r$

$T_s\|T_r$	1|50	1|10	1|5
ξ	0,385	0,427	0,475
ϑ	1,425	1,307	1,165

Um Hochfrequenzschwingungen zu vermeiden, soll außerdem möglichst die Bedingung:

$$R_d > 2\sqrt{\frac{L(C_b + C_s)}{C_b C_s}} \qquad (3)$$

erfüllt sein.

Das hier angegebene Berechnungsverfahren vernachlässigt außer dem im allgemeinen unbedeutenden Einfluß des Funkenwiderstandes noch die Induktivität (L) der Anordnung. Dies ist mit genügender Genauigkeit immer dann zulässig, wenn die Bedingung (3) erfüllt ist und wenn die Zeitkonstante:

$$\frac{L}{R_e} \lesssim 0{,}1\ T_s \qquad (4)$$

ist.

R_d und R_e nach obigen Formeln ergeben sich in Ohm, wenn C_b und C_s in Mikrofarad, T_s und T_r in Mikrosekunden, L in Mikrohenry eingesetzt werden.

b) Angenähertes Berechnungsverfahren.

Statt des genaueren Verfahrens nach a) kann ein angenähertes Berechnungsverfahren mit anschaulichen Näherungsformeln benutzt werden, das allerdings um so ungenauer ist, je kleiner $T_r|T_s$ ist. Für die Berechnung der genormten Stoßspannung 1|50 führt es jedoch nur zu geringfügigen Fehlern, vorausgesetzt, daß $R_d/R_e < 0{,}2$ und $C_b/C_s < 0{,}2$ ist. Es gilt:

Bei Ersatzschaltbild 4a):

$$\text{Stirnzeit } T_s \approx 2{,}5 \cdot \frac{R_d \cdot R_e}{(R_d + R_e)} \cdot \frac{C_b \cdot C_s}{(C_b + C_s)} \qquad (5)$$

$$\text{Rückenhalbwert-Zeit } T_r \approx (R_d + R_e)\,(C_b + C_s) \ln 2 \qquad (6)$$

bei Ersatzschaltbild 4b):

$$\text{Stirnzeit } T_s \approx 2{,}5 \cdot R_d \frac{C_b \cdot C_s}{(C_b + C_s)} \qquad (7)$$

$$\text{Rückenhalbwert-Zeit } T_r \approx R_e\,(C_b + C_s) \ln 2. \qquad (8)$$

T_s und T_r nach Formel (5) bis (8) ergeben sich in Mikrosekunden, wenn R_d und R_e in Ohm, C_b und C_s in Mikrofarad eingesetzt werden.

c) Bei Vervielfachungsschaltungen mit Ladewiderständen liegen die Ladewiderstände praktisch parallel zum Entladewiderstand R_e. Ihr Einfluß auf die Rückenhalbwert-Zeit ist daher sinngemäß zu berücksichtigen.

d) Bei Kombinationen aus den Schaltungen nach Abb. 4a) und 4b), bei denen der Dämpfungswiderstand R_d zum Teil vor, zum Teil hinter dem Entladewiderstand R_e angeordnet ist, kann für die Berechnung der Kenngrößen des Stoßkreises [vgl. a)] der Ausnutzungsgrad η nach Abb. 6 aus den Kurven für die Ersatzschaltbilder 4a) und 4b) interpoliert werden.

§ 7.

Durchführung der Stoßüberschlagprüfung.

a) Jeder Überschlagversuch ist mit Rücksicht auf die unvermeidliche Streuung mit mindestens 20 Stößen durchzuführen. Der Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stößen soll 1 s nicht unterschreiten. Der Scheitelwert der Stoßspannung ist dabei jeweils durch Vergrößerung der Schlagweite der Zündfunkenstrecke und durch gleichzeitige Steigerung der Ladespannung des Stoßspannungserzeugers auf den gewünschten Wert der Überschlag-Stoßspannung am Prüfling zu erhöhen.

b) Für die Prüfung mit der 50%-Überschlag-Stoßspannung ist die Stoßspannung so einzustellen, daß annähernd die Hälfte von mindestens 20 Stößen gleicher Spannungshöhe zu Überschlägen am Prüfling führt.

Wenn die Einstellung von genau 50% Überschlägen am Prüfling zu zeitraubend ist, genügt es, einen Versuch mit einer Überschlagzahl unter 50% und einen mit einer Überschlagzahl über 50% auszuführen und aus den hierbei jeweils gemessenen Spannungswerten [vgl. § 8b)] den genauen Spannungswert entsprechend 50% Überschlägen zu interpolieren. Der Versuch mit der geringeren Überschlagzahl soll mindestens 20%, der mit der höheren Überschlagzahl höchstens 80% Überschläge aufweisen.

c) Für die Prüfung mit überschießenden Stoßspannungen ist die Stoßspannung gegenüber dem Wert unter b) entsprechend zu erhöhen.

§ 8.

Messung von Stoßspannungen.

a) Messung mit dem Kathodenstrahl-Oszillograph.

1. Eine zuverlässige Prüfung, ob der Verlauf der Stoßspannung den Anforderungen von § 5 entspricht, ist in der Regel nur mittels Kathodenstrahl-Oszillograph möglich. Der hierzu erforderliche Spannungsteiler muß die Form der am Prüfling auftretenden Stoßspannung möglichst verzerrungsfrei wiedergeben. Der Einfluß des Widerstandes und der Kapazität des Spannungsteilers auf die Form der Stoßspannung ist bei der Bemessung der Dämpfungs- bzw. Entladewiderstände R_d bzw. R_e zu berücksichtigen.

   Falls ein Kathodenstrahl-Oszillograph nicht ständig zur Verfügung steht, ist wenigstens eine einmalige Prüfung der mit einem Prüfling passender Kapazität zu belastenden Stoßanlage mittels eines Kathodenstrahl-Oszillographen zu empfehlen.

2. Bei der Aufnahme von Stoßkennlinien ist folgendes zu beachten: Die Überschlagzeit eines Prüflings weist bei derselben Höhe der Stoßspannung stets eine gewisse Streuung auf. Diese ist im Bereich der 50%-Überschlag-Stoßspannung am größten und nimmt mit zunehmendem Spannungsüberschuß ab. Als Stoßkennlinie gilt diejenige Kurve nach § 3s), die durch den jeweiligen Mittelwert der bei mehreren Versuchen und derselben Spannungshöhe gefundenen Überschlagzeiten gelegt wird.

   Die Voraussetzung, daß bei mehreren Versuchen die Spannungshöhe des Stoßspannungserzeugers gleich bleibt, läßt sich wegen der Streuung der Ansprechspannung der Zündfunkenstrecke nicht genau erfüllen. Daher sind die einzelnen Punkte der Stoßkennlinie so aufzutragen, daß hierfür jeweils der mittlere Spannungswert der entsprechenden Versuchsreihe gewählt wird.

b) Messung mit der Kugelfunkenstrecke.

1. Allgemeines.

Der Scheitelwert von Stoßspannungen, deren Stirnzeit nicht kleiner als 1 µs und deren Rückenhalbwert-Zeit nicht kleiner als 5 µs ist, kann auch mit Kugelfunkenstrecke gemäß VDE 0430 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke"[5]) gemessen werden. Dabei ist ihre Schlagweite so einzustellen, daß von allen erzeugten Stoßspannungen etwa die Hälfte zu Überschlägen an der Kugelfunkenstrecke führt. Für diese Schlagweite ist der betreffende Scheitelwert der Stoßspannung aus den Eichtafeln von VDE 0430[6]) zu entnehmen.

Wenn bei der Spannungsmessung die Einstellung von genau 50%-Überschlägen an der Kugelfunkenstrecke zu zeitraubend ist, kann durch Veränderung der Schlagweite eine Messung mit einer Überschlagszahl unter 50% und eine Messung mit einer Überschlagszahl über 50% ausgeführt und der genaue Spannungswert entsprechend 50%-Überschlägen interpoliert werden. Die Messung mit der geringeren Überschlagzahl soll mindestens 20%, die mit der höheren Überschlagzahl höchstens 80% Überschläge aufweisen.

2. Messung von Überschlag-Stoßspannungen an Prüflingen.

α) 50%-Überschlag-Stoßspannung.

Die Meßfunkenstrecke ist zunächst soweit auseinander zu ziehen, daß sie nicht anspricht. Damit ihre Kapazität während der Einstellung der Überschlag-Stoßspannung am Prüfling [vgl. § 7] nicht erheblich von ihrer Kapazität bei den nachfolgenden Messungen abweicht, ist die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke zunächst auf einen Wert entsprechend dem 1,1- bis 1,2-fachen der betreffenden Überschlagspannung des Prüflings einzustellen. Dann ist die 50%-Überschlag-Stoßspannung am Prüfling nach § 7b) einzustellen und im Anschluß

[5]) Vgl. Entwurf aus ETZ 60 (1939) S. 99.
[6]) siehe Fußnote 5).

Digitized by Google

daran die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke bei unveränderter Spannungshöhe des Stoßspannungserzeugers soweit zu verkleinern, bis etwa die Hälfte von allen Stoßspannungen zu Überschlägen an der Kugelfunkenstrecke führt (vgl. 1).

β) Überschießende Stoßspannungen.

Der Scheitelwert von überschießenden Stoßspannungen kann mit der Kugelfunkenstrecke bestimmt werden, wenn vorausgesetzt werden kann, daß der Überschlag am Prüfling auf dem Rücken oder frühestens auf dem Scheitel der Stoßspannung entsprechend einer Überschlagzeit [vgl. § 3r)] von nicht weniger als 1 bis 2 µs erfolgt. Die Kugelfunkenstrecke ist wieder so einzustellen, daß etwa die Hälfte aller Stoßspannungen an ihr zum Überschlag führen (vgl. 1).

c) Einfluß der Luftverhältnisse.

Bei der Angabe von Überschlag-Stoßspannungen sind diese auf eine relative Luftdichte $\delta = 1$ (entsprechend einer Temperatur $t = 20°$ C und einem Luftdruck $b = 760$ Torr)[7]) sowie nach Möglichkeit auf den Normalwert der absoluten Luftfeuchtigkeit von 11 g/m³ (entsprechend einer relativen Luftfeuchtigkeit von 63,5% bei 20° C)[8]) zu beziehen. Jedenfalls ist die beim Überschlagversuch herrschende absolute Luftfeuchtigkeit anzugeben.

[7]) Über den Einfluß der Luftdichte bei Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke vgl. VDE 0430, § 15) [siehe Fußnote 4)].

[8]) Festlegungen zur Berücksichtigung des Einflusses der Luftfeuchtigkeit auf die Überschlagspannung von Isolatoren sind in Vorbereitung.

Umstell-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV.

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel.

DK 621.315.22(083.133)

VDE 0270 U/VI. 39.

Änderungen des endgültigen Wortlauts gegenüber dem in ETZ 60 (1939) S. 424 veröffentlichten Entwurf.

§ 1.
Geltungsbeginn

Diese Vorschriften treten am 21. Juli 1939 in Kraft[1]).

§ 2.
Geltungsbereich.

b) Für alle anderen Räume. (Die Leiter sind mit einer Isolierhülle aus Gummi umgeben. Darüber befindet sich ein gummiertes gewebtes Band. Über der Isolierhülle ist eine Bitumen-Regenerat-Hülle sowie eine Umhüllung aus Faserstoff angebracht. Hierfür können auch teilweise thermoplastische Kunststoffe verwendet werden. Darüber folgt eine Bewehrung aus Bandstahl, Flachdraht oder Runddraht und eine äußere Umhüllung aus Faserstoff-, Jute- und Compoundschichten.)

§ 3.
Verwendungsbereich.

Für die verschiedenen Kabelarten gelten folgende Verwendungsbereiche:

a) trockene Räume ohne chemisch einwirkende Gase:
- NIAB: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Papierisolierung, Umhüllung und Stahlbandbewehrung,
- NIAF: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Papierisolierung, Umhüllung und Flachdrahtbewehrung,
- NIAR: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Papierisolierung, Umhüllung und Runddrahtbewehrung,

b) alle anderen Räume:
- NIAGBA: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Gummiisolierung, Umhüllung, Stahlbandbewehrung und äußerer Umhüllung,
- NIAGFA: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Gummiisolierung, Umhüllung, Flachdrahtbewehrung und äußerer Umhüllung,
- NIAGRA: Innenraumkabel mit Al-Leiter, Gummiisolierung, Umhüllung, Runddrahtbewehrung und äußerer Umhüllung.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Juni 1939.

Wenn die Leiter aus Kupfer bestehen, wird hinter dem „I" das „A" durch „C" ersetzt.

Für Erdverlegung und in Bergwerken unter Tage sind diese Kabel nicht zulässig. Für die Verlegung und Montage gelten die gleichen Grundsätze wie für Bleikabel (siehe VDE 0100/X.38, § 27) unter Verwendung von ausgießbaren Garnituren und Erdung der Bewehrung.

II. Aufbau

A. Allgemeines

§ 4.
Kenn- und Kurzzeichen.

a) Kabel nach diesen Vorschriften müssen unter der inneren Umhüllung einen Papierkennstreifen mit laufender Firmenangabe des Herstellers und dem Aufdruck „VDE 0270 U" enthalten. Abstände des Aufdrucks nicht größer als 30 cm.

Bei Verwendung von thermoplastischen Kunststoffen muß an Stelle dieses Kennstreifens ein vom VDE erteilter Kennstreifen eingelegt werden;

b) wie bisher;

c) wie bisher.

E. Bewehrung und äußere Umhüllung

§ 12.

b) Bei Innenraumkabeln für trockene Räume ohne chemisch wirkende Gase ist über der Bewehrung eine äußere Umhüllung nicht erforderlich.

In den §§ 8, 9, 10, 11 wird das Wort „Isolation" durch „Isolierung" ersetzt.

Stellungnahme des Ausschusses für Errichtungsvorschriften I zu VDE 0270 U „Umstell-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV".

DK 621.315.22(083.133)

Die Erwägungen, daß Kabel für Innenräume eines Bleimantels nicht bedürfen, haben insbesondere auch im Hinblick auf die Erfordernisse des Vierjahresplanes zur Entwicklung folgender Innenraumkabel ohne Bleimantel geführt:

a) Innenraumkabel mit Papierisolation für trockene Räume ohne chemisch einwirkende Gase,

b) Innenraumkabel mit Gummiisolation für alle anderen Räume.

Diese Kabelarten werden sowohl mit Kupferleitern als auch mit Aluminiumleitern ausgeführt.

Für Erdverlegung sind Innenraumkabel nicht zugelassen, sondern nur in Gebäuden, in überdachten, seitlich offenen Räumen, sowie in ausreichend belüfteten Kanälen oder Rohren, sofern die Anordnung der Kabel so getroffen ist, daß sie bei Feuchtigkeitsansammlung nicht dauernd im Wasser liegen.

Für die Verlegung von Innenraumkabeln gelten sinngemäß die Bestimmungen des § 27 von VDE 0100, Vorschriften a) und b) sowie Regel 2.

Soweit bei Innenraumkabeln die äußere Umhüllung entfernt wird, ist die Eisenbewehrung durch einen Anstrich mit Asphaltlack gegen Rosten zu schützen.

Für Innenraumkabel mit Papierisolation sind Verbindungsmuffen und Endverschlüsse zu verwenden, die das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern; dasselbe gilt für Innenraumkabel mit Gummiisolation in feuchten und durchtränkten Räumen. Wo die Möglichkeit einer besonderen Gefährdung gemäß § 3, Regel 1 von VDE 0100 vorliegt, ist die Metallbewehrung der Innenraumkabel in die Schutzmaßnahmen einzubeziehen.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.62.015.52

Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Trockenüberschlagspannung von Porzellan-Isolatoren. [Nach T. Nishi u. Y. Nakajima, Sci. Pap. Inst. phys. chem. Res., Tokio 34 (1938) Teil 2, S. 1213; 30 S., 32 Abb.]

Die sehr eingehende Arbeit der japanischen Verfasser behandelt die Abhängigkeit der auf gleiche Luftdichte bezogenen Überschlagspannung von Porzellan-, insbesondere Stützen- und Hänge-Isolatoren von der Luftfeuchtigkeit und bringt einen wesentlichen Beitrag zur Klärung der nach den bisherigen Messungen anderer Forscher außerordentlich stark von einander abweichenden Versuchsergebnisse. T. Nishi und Y. Nakajima unterscheiden streng den Verlauf der Überschlagspannung in Abhängigkeit von der relativen und absoluten Luftfeuchtigkeit bei verschiedener, aber jeweils konstanter Temperatur (in den Grenzen von etwa 10 bis 30°). Den besten Überblick gewährt dabei die Darstellung der Überschlagspannung als Funktion der absoluten Luftfeuchtigkeit mit der Temperatur als Parameter. Es ergeben sich dann Kurven ähnlich den (gegenüber dem Original etwas vereinfachten) Abb. 1 und 2, die sich auf einen Dreischirm-Stützenisolator für 40 kV Betriebspannung beziehen und deren Verlauf durch drei grundsätzlich verschiedene Teile A, B und C gekennzeichnet ist. Mit zunehmender Luftfeuchtigkeit (bis etwa 40 bis 50% rel. Luftfeuchtigkeit) nimmt die Überschlag-

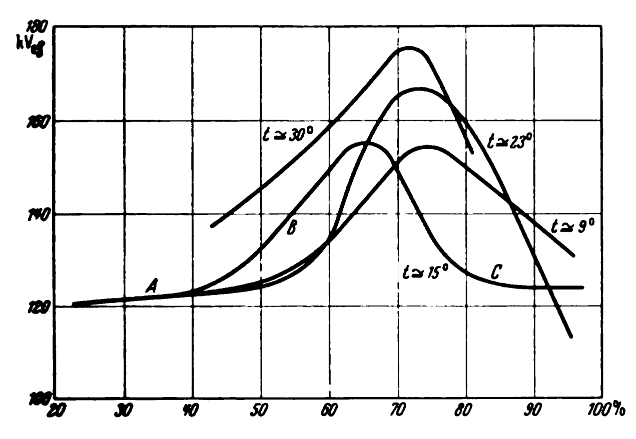


Abb. 1. Abhängigkeit der Überschlagspannung eines 40 kV-Stützenisolators von der relativen Luftfeuchtigkeit bei jeweils konstanter Temperatur.

spannung annähernd im gleichen Verhältnis zu wie bei einer Spitzenfunkenstrecke in freier Luft. Mit weiter steigender Luftfeuchtigkeit folgt ein Kurvenstück B verhältnismäßig starken Spannungsanstiegs, wobei, in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit (Abb. 1) die Anstiegsneigung unabhängig von der Temperatur etwa gleich ist, während sie dementsprechend in Abhängigkeit von der absoluten Luftfeuchtigkeit (Abb. 2) bei hohen Temperaturen viel flacher als bei niederen Temperaturen ist. Oberhalb gewisser Luftfeuchtigkeit (im allgemeinen bei 70 bis 80%) findet schließlich ein starkes Absinken der Überschlagspannung statt (Teil C). Dieser grundsätzlich schon durch frühere Arbeiten[1]) bekannte Verlauf der Überschlagspannung erklärt sich nach den japanischen Verfassern so, daß sich der Überschlagsweg bei Freileitungs-Isolatoren im allgemeinen teils aus freien Luftstrecken, und teils aus Überschlägen längs Porzellanflächen zusammensetzt. Während für die ersteren die [aus älteren Arbeiten über die Abhängigkeit der Büschelgrenzspannung von der absoluten Luftfeuchtigkeit[2]]) bekannte Spannungszunahme von etwa 1,5% je g/m³ absoluter Luftfeuchtigkeit maßgebend ist, ist für die Höhe der Überschlagspannung längs Porzellanflächen die Feuchtigkeitshaut und die Art des absorbierten oder niedergeschlagenen Wassers ausschlaggebend, die ihrerseits wieder durch die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit beeinflußt wird. In Abhängigkeit von der absoluten Luftfeuchtigkeit aufgetragen, ergeben sich so für einen und denselben Isolator Kurvenscharen, die zwischen zwei parallel verlaufenden

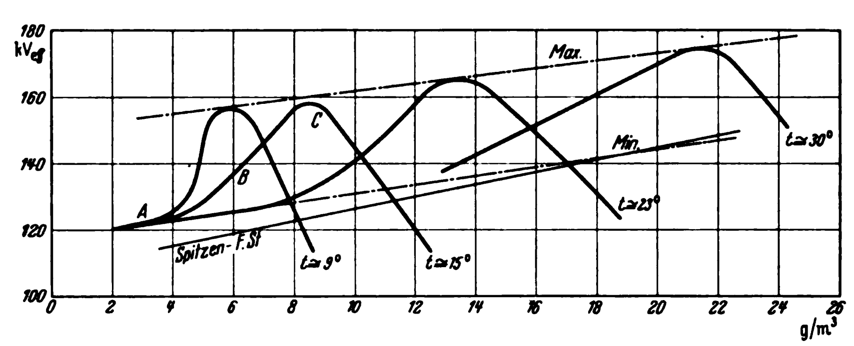


Abb. 2. Abhängigkeit der Überschlagspannung eines 40 kV-Stützenisolators von der absoluten Luftfeuchtigkeit bei jeweils konstanter Temperatur.

geraden Linien liegen (vgl. Abb. 2), deren Neigung gegen die Abszissenachse durch die Größe der freien Luftstrecke (im Vergleich zum gesamten Überschlagsweg) und die für die Überschlagspannung zwischen zwei Spitzen gültige Gesetzmäßigkeit bedingt ist. Der stark abfallende letzte Teil C der Kurven ist schließlich durch Kondenswasserniederschlag auf den Porzellanflächen verursacht, was dadurch bestätigt wird, daß diese Spannungserniedrigung verschwindet, wenn der Isolator auf eine höhere Temperatur als die der umgebenden Luft gebracht wird. Weiter wurde die Richtigkeit der in der Arbeit vertretenen Anschauungen bekräftigt durch Versuche an eingliedrigen Hänge-Isolator-Modellen mit kurzer Überschlagstrecke (8 cm), bei denen mit zunehmender Luftfeuchtigkeit überhaupt keine Spannungszunahme oder sogar eine Abnahme festzustellen war, während bei mehrgliedrigen Isolatormodellen die Neigung der minimalen und maximalen Grenzlinien (nach Abb. 2) dem Verhalten einer freien Luftstrecke entsprach. Daß dagegen tatsächlich der steile Spannungsanstieg in Abb. 1 und 2 von den Feuchtigkeitsverhältnissen der Isolatoroberfläche abhängt, wurde durch weitere Versuche bewiesen, bei denen die Oberfläche in verschiedener Weise behandelt wurde. So verschwand der stark ansteigende mittlere Teil B der Überschlagskurven ganz, und die Spannungszunahme entsprach ausschließlich den Gesetzen in freier Luft, wenn die Porzellanflächen mit Paraffinwachs überzogen wurden, also unbenetzbar gemacht wurden. Ähnliche Rückschlüsse konnten auch aus Isolatoren mit Löschpapierüberzug gezogen werden, wo die Neigung der Spannungswerte dieselbe blieb wie bei Isolatoren mit Paraffinüberzug, die Spannungswerte selbst aber wesentlich höher lagen. Eine weitere Bekräftigung bildeten schließlich Versuche an Stützern und Durchführungs-Isolatoren, bei denen erfahrungsgemäß oberhalb gewisser Spannungen Gleitentladungen auftreten, durch welche die Temperatur der Oberfläche stark erhöht werden kann. An Stützern konnte ferner nachgewiesen werden, daß das Überschlagsverhalten und der Einfluß der Luftfeuchtigkeit dadurch beeinflußt werden kann, daß man durch Wahl geeigneter Elektroden den Überschlag entweder mehr durch die freie Luft oder unmittelbar längs der Porzellanoberfläche verlaufen läßt. Auch bei (umgekehrt mit dem Kopf auf eine Platte gestellten) Stützenisolatoren verschoben sich die Überschlagskurven (d. h. das Einsetzen des steilen Spannungsanstiegs B) nach dem Gebiete niederer relativer Luftfeuchtigkeit, wenn der Überschlag (beeinflußt durch die mehr oder weniger glatte Beschaffenheit der eisernen Stütze) nicht außen um den ganzen Isolator, sondern teilweise längs des inneren Porzellanmantels verlief. Aus diesen und ähnlichen

[1]) Vgl. z. B. W. L. Lloyd, Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 51 (1932) S. 669.

[2]) W. Weicker, ETZ 32 (1911) S. 436; Hescho-Mitt. (1937) H. 74/75, S. 13. — F. D. Fielder, Electr. J. 32 (1935) S. 543.

Versuchen konnte geschlossen werden, daß der stark ansteigende Teil B auf Veränderungen in der Verteilung der Oberflächenladung zurückzuführen ist, indem örtlich hohe Feldstärken mit ihrem die Überschlagspannung erniedrigenden Einfluß durch hohe Luftfeuchtigkeit abgesenkt werden.

Zusammengefaßt hat sich hiernach der Feuchtigkeitseinfluß auf die Überschlagspannung von Isolatoren als stark abhängig von den Oberflächenbedingungen des Isolators und damit zusammenhängend von der Spannungsverteilung und von den dem Überschlag vorangehenden Vorentladungen erwiesen. Verlaufen diese eng an der Isolatoroberfläche, was nach den Verfassern dann der Fall ist, wenn die Normalkomponente des elektrischen Feldes an der Oberfläche hoch ist, so verschiebt sich der Teil B der Überschlagkurven nach dem Gebiete geringerer Luftfeuchtigkeit und umgekehrt. Bei Hängeisolatoren ist aus Gründen der Spannungsverteilung auch der Umstand von Einfluß, ob die Kappe oder der Klöppel geerdet ist.

[Bemerk. d. Ber.: Vielleicht hätte in der Arbeit bei der Deutung der Versuchsergebnisse noch darauf hingewiesen werden können, daß bei kleinen Überschlagwegen in Luft und entsprechend niederen Spannungen (unter 100 kV) überhaupt kein oder nur ein sehr geringer Einfluß der Luftfeuchtigkeit zu erwarten ist, weil auch nach früheren Versuchen[1]) erst im Gebiete der Büschelgrenzspannung, d. h. oberhalb etwa 100 kV, die Größe der Luftfeuchtigkeit ihre spannungserhöhende Wirkung ausübt.] *W. W.*

DK 621.316.37

Einige neue Entwicklungsrichtungen für Schaltanlagen. [Nach R. Paxton, Gen. electr. Rev. 41 (1938) S. 504; 3 S., 4 Abb.]

Bei Auslösung der Ölschalter durch Kurzschluß wird ein Druck auf den Ölbehälter ausgeübt, der durch Gasauspuff ausgeglichen wird. Die älteren Ölschalter werfen dabei manchmal außerdem Öl aus. Darin liegt eine Gefahrenquelle, besonders bei Innenraum-Schaltanlagen. Die Entwicklung[2]) geht dahin, nur Ölschalter zu verwenden, die kein Öl mehr auswerfen, und außerdem bessere Verkleidungen unter gleichzeitiger Benutzung von elektrischer Fernsteuerung zu entwickeln. Metallgekapselte Schaltanlagen mit ihrer größeren Sicherheit, Anpassungsfähigkeit und ihren besseren Verriegelungsmöglichkeiten verdrängen daher immer mehr die gemauerten Zellenbauarten. Die Schalttafeln werden so eingerichtet, daß Betätigungsschalter und Anzeigeinstrumente von einer Stellung aus übersehen werden können. Dies hat zur Entwicklung sogenannter Doppelschalttafeln geführt, die der Bedienung nur obengenannte Schalter und Instrumente zeigen, während Relais, Zähler und Schreiber auf der Rückseite der metallgekapselten Zellen angebracht werden. Die Verwendung metallgekapselter Schaltanlagen mit in besonders geschützten Abteilungen im Innern der Zellen eingebauten Schutz- und Prüfeinrichtungen hat zu einer beträchtlichen Senkung der Kosten geführt. *Sir.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.755

Der Kaltkathodenstrahl-Oszillograph bei sehr niedrigen Erregerspannungen. [Nach H. Thielen, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 7, S. 387; 3 1/3 S., 6 Abb.]

Die Entwicklung des Kaltkathodenstrahl-Oszillographen ist in den letzten Jahren maßgeblich durch die Forderung bestimmt worden, auch hier mit niedrigen Erregerspannungen bei gleichzeitiger Beibehaltung der hohen Schreibleistung auskommen zu können, da hierdurch sowohl die Ablenkempfindlichkeit heraufgesetzt als auch eine Verringerung des baulichen Aufwandes möglich wurde. Zur Erzielung gleicher Schreibleistung konnte der Verlust an Schwärzung der Photoschicht wegen der kleineren Elektronengeschwindigkeit durch eine erhöhte auftreffende Ladungsdichte ausgeglichen werden, was durch eine Steigerung des Strahlstromes erzielt wurde. In der angegebenen Arbeit wird ein Entladungsrohr mit Hilfsentladung beschrieben, bei dem eine erhebliche Steigerung der Schreibgeschwindigkeit bei recht niedrigen Spannungen durch Anwendung einer erhöhten Saugspannung bei nachheriger Abbremsung der Elektronen im Rohr erreicht wird. Oszillogramme (10^6 u. 10^3 Hz) beweisen die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges und zeigen außerdem, daß bei Verwendung von Spezialfilmen die untere Spannungsgrenze bei hoher Schreibleistung noch weiter nach niedrigen Spannungen hin verschoben werden kann, so daß sich beim Kaltkathoden-Oszillographen die Vorteile hoher Ablenkempfindlichkeit mit denen feinster Schrift und hoher Schreibleistung verbinden lassen.

[1]) Siehe Fußnote 2 auf S. 879.

[2]) F. E. Fairmann jr., Gen. electr. Rev. 41 (1938) S. 406; — C. A. Schehl, Gen. electr. Rev. 39 (1936) S. 611; — W. J. Clark, Gen. electr. Rev. 39 (1936) S. 329; — A. E. Anderson, Gen. electr. Rev. 38 (1935) S. 448.

Lichttechnik.

DK 621.327.3/.4.062.001.1

Grundlagen zu einer Theorie der Schaltungen für Gasentladungslampen. Teil I: Die Betriebseigenschaften einer Gasentladungslampe in Reihe mit einem ohmschen Widerstand am Wechselstromnetz. [Nach H. Strauch, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 7, S. 465; 13 S., 31 Abb.]

Das Betriebsverhalten der Gasentladungslampen ist bei Wechselstrom von der Art des Vorschaltgeräts wesentlich abhängig. H. Strauch untersucht diejenige Schaltung, bei der eine Gasentladungslampe mit einem ohmschen Widerstand in Reihe angeschlossen ist. Da zwischen der Stromstärke und der Netzspannung keine Phasenverschiebung auftritt, ist diese Schaltung ein für theoretische Untersuchungen besonders geeigneter Ausgangspunkt. Je nach den Verhältnissen beim Wiederzünden der Röhre weist die Stromkurve in jeder Halbwelle mehr oder weniger lange stromlose Pausen und plötzliche Anstiege auf. Aus der Fourieranalyse werden die Bedingungen abgeleitet, unter denen es möglich ist, Stromoberwellen von der 5. Harmonischen ab einzeln zu unterdrücken. Die der Gasentladungslampe zugeführte elektrische Leistung ist von Augenblick zu Augenblick verschieden. Wegen der geringen Wärmeträgheit der Röhre hat diese Tatsache auch eine periodische Änderung des Lichtstromes zur Folge. Die durch Fourieranalyse durchgeführte Berechnung der Leistungsoberwellen bietet damit gleichzeitig einen Anhaltspunkt für die Welligkeit des Lichtstromes. Die Koeffizienten der Fourierreihen für Strom und Lichtstrom konvergieren schnell, so daß in den meisten praktischen Fällen die Verzerrung des Stromes durch das Verhältnis der 3. Harmonischen zur Grundwelle angenähert, die Welligkeit des Lichtstroms durch das Verhältnis der 2. Leistungsoberwelle zum arithmetischen Mittelwert, den die Leistungsmesser anzeigen, in groben Zügen dargestellt ist.

Die Untersuchungen beschäftigen sich dann noch weiter mit dem Leistungsmaximum in Abhängigkeit von der Rohrspannung und unveränderter Netzspannung, außerdem werden die Effektivwerte des Stromes und der Lampenspannung, Scheinleistung, Leistungsfaktor, Wirkungsgrad und der Anlaufüberstrom berechnet. Die Ergebnisse werden durch Abbildungen und experimentelle Untersuchungen, die vorwiegend an einer handelsüblichen Quecksilberdampf-Hochdrucklampe mit Quarzbrenner durchgeführt wurden, erläutert.

Ein wichtiges Anwendungsgebiet findet diese Schaltung in sämtlichen Allstromgeräten für Gasentladungslampen. Eine neuartige Ausführung[1]) ist vor kurzem geschaffen worden, bei der eine Quecksilberröhre und eine Glühwendel aus Wolfram von einem gemeinsamen Lampenkolben umschlossen werden und sich beide Strahlungsquellen in ihrer spektralen Energieverteilung ergänzen.

Bergbau und Hütte.

DK 621.357.13 : 669.71

Gewinnung, Eigenschaften und Verwendungsgebiete des elektrolytisch geläuterten Aluminiums. [Nach H. Röhrig, Z. VDI 83 (1939) S. 33; 6 S., 7 Abb.]

Durch Elektrolyse einer Kryolith-Aluminiumoxyd-Schmelze gewinnt man heute Aluminium mit im Mittel 99,5 bis 99,7% Al, in besonderen Fällen mit 99,9%. Verunreinigungen sind hauptsächlich Eisen und Silizium. Freilich schaden weder 0,2 bis 0,3% Fe dem Aushärten vergütbarer Aluminiumlegierungen, noch ebensoviel Si seiner Leitfähigkeit. Man kann von langsam erstarrendem Metall den unreinen Rest abpressen oder abschleudern; aber der gegebene Weg ist die elektrolytische Reinigung, ebenso wie man aus Rohkupfer das außerordentlich reine Elektrolytkupfer gewinnt. Nach den Amerikanern haben die Franzosen und die Schweizer geeignete Anordnungen geschaffen und neuerdings wird in Deutschland Aluminium bis zu 99,996% hergestellt. Die Schichtung ist umgekehrt wie in der gewöhnlichen Aluminiumzelle, in welcher sich das Aluminium (Dichte 2,3 bei der Badtemperatur 950°) am Kohleboden abscheidet, während die Kohlenanoden von oben her in den Elektrolyten (Dichte 2,1) hineinhängen. Für die Raffination aber wird der Elektrolyt durch viel Bariumsalz schwerer gemacht und die noch schwerere Aluminiumlegierung bedeckt den anodisch ge-

[1]) H. Krefft, K. Larché u. A. Rüttenauer, Licht 7 (1937) S. 251; ETZ 59 (1938) S. 203.

Digitized by Google

geschalteten Kohleboden. Daß der z. B. aus 23% AlF_3, 17% NaF und 60% $BaCl_2$ bestehende Elektrolyt schon bei 750° flüssig ist, bedeutet einen Vorteil für den Betrieb. Noch niedriger schmilzt ein nur Fluoride enthaltendes Gemisch, mit dem auch in Deutschland gearbeitet wird. Die Zellen werden mit 10 000 A bei 5 bis 7 V betrieben; je kg reines Metall werden rd. 25 kWh benötigt. Die ausgezeichnete Bildsamkeit des reinsten Aluminiums gestattet, mit ihm statt Blei Kabel zu umpressen, wodurch zugleich an Gewicht gespart wird. Die chemische Widerstandsfähigkeit ist sehr gut. Neben der Aufarbeitung von Altmetall ist ein Ziel die Gewinnung von Aluminium aus armen Vorlegierungen mit Eisen oder Silizium, die elektrothermisch aus heimischem Ton hergestellt werden können. *K. A.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.619.029.63

Ein neues Modulationsverfahren für Dezimeterwellen-Sender. [Nach O. Schäfer, Hochfrequenztechn. 52 (1938) S. 83, 3 S., 4 Abb.]

Die Magnetfeldröhre teilt mit dem selbsterregten Röhrensender die Schwierigkeit einer unmittelbaren Modulation. Trotz den erheblichen Fortschritten, die bei Zwergröhren in bezug auf die Grenzfrequenz und Hochfrequenzleistung erzielt wurden, ist auch heute noch die Magnetfeldröhre diesen in gewissen Gebieten überlegen, so daß die Fortführung der Versuche über mittelbare Modulation — das heißt Beeinflussung des Übertragungsmaßes der Energieleitung zwischen Generator und Antenne — gerechtfertigt erscheint. Von früheren Arbeiten sind besonders diejenigen hervorzuheben, welche durch die Einführung einer zusätzlichen Wirklast in die Energieleitung eine Änderung der ausgestrahlten Leistung bewirken; hierzu gehören Glimmröhren, Absorptionsdioden und Absorptionsmikrophon. Es leuchtet ein, daß diese Verfahren, abgesehen von der zum Teil geringen Modulationstiefe, einen schlechten Wirkungsgrad bedingen, da der Arbeitspunkt des Generators [illegible] zusätzliche Belastung ges[illegible] muß. Aus diesem Gru[illegible] man zweckmäßig [illegible] eine optimal eingestellt[illegible] statten aus; der Arbeit[illegible]ande geht gewählt werde[illegible] von dem [illegible]gungen bei g[illegible]ten Generator Parameter [illegible]spunkt soll so reißen ste[illegible], daß die Schwin- an einer [illegible]nstigster Wahl der die Ene[illegible]dicht vor dem Abschlußk[illegible]en. Wenn nunmehr so kar[illegible] geeigneten Stelle in die [illegible]rgieleitung eine Kurz- [illegible]apazität eingebaut wird, [illegible]n erreicht werden, daß [illegible]eitung bis zu der ka- [illegible]v belasteten Stelle hohen Scheinwiderstand annimmt, [illegible]aß gerade im Gegensatz zu den früheren Verfahren der [illegible]nerator entlastet wird. Dadurch ist ein „Reißen" unmöglich [illegible]macht, aber der gewünschte Effekt einer Herabsetzung der [illegible]romaufnahme der Antenne wird um so besser erreicht, je [illegible]ößer die Kapazität ist. Wenn die veränderliche Kapazität um [illegible]4 vom Beginn der Energieleitung angebracht wird, so ist offenbar eine stetige Regelung zwischen folgenden Grenzfällen möglich: 1. Die Kapazität ist sehr klein, dann wird praktisch die konstante Stromverteilung der richtig angepaßten Speiseleitung (fortschreitende Welle!) nicht gestört, und die Antenne führt den maximalen Strom. 2. Die Kapazität ist groß, dann wirkt das erste Stück der Speiseleitung wie ein großer Widerstand, die Spannung an der Kapazität ist sehr viel kleiner als diejenige am Anfang der Leitung, so daß das Stück der Leitung von der Kapazität bis zur Antenne nur noch kleine Spannung führt; der Strom in der Antenne ist klein. Wenn man die erforderlichen Scheinwiderstände und Kapazitäten ausrechnet, so ergibt sich, daß eine maximale Kapazität von der Größenordnung 10 pF im Dezimeterwellen-Gebiet hinreicht. Eine so kleine Kapazität kann leicht mit Hilfe eines elektrodynamischen Antriebssystems gesteuert werden, welches von dem Modulationsstrom gespeist wird. Überdies ergibt sich, daß bei einer Änderung aller geometrischen Dimensionen der Speiseleitung und des Modulationskondensators proportional der Wellenlänge die Verhältnisse der Scheinwiderstände praktisch konstant bleiben, so daß in einfachster Weise eine Vorausberechnung für den gesamten Dezimeterwellenbereich möglich ist. Die ausgeführte Geräteanordnung (vgl. Abb. 3) war für Wellenlängen zwischen 40 und 70 cm eingerichtet. Links unten sieht man das Hauptschwingsystem der Magnetfeldröhre mit der Reflexionsplatte, an welches senkrecht die Speiseleitung des Dipols angesetzt ist. Zur Vermeidung beweglicher Zuführungen sind an der Speiseleitung zwei Plättchen befestigt, denen eine elektrodynamisch angetriebene Aluminium-Elektrode von etwa 3 cm² wirksamer Fläche gegenübersteht. Damit konnte ein Modulationsgrad von 45% erreicht werden. Entsprechend dem funktionellen Zusammenhang zwischen der Kapazität und dem Abstand der Elektroden ist die Modulationskurve nicht ganz geradlinig. Dieser Nachteil, der übrigens durch geeignete Bemessung des Antriebssystems gemildert werden kann, ist nur von geringer Bedeutung, da die mechanische Steuerung ohnedies eine gewisse Frequenzabhängigkeit mit sich bringt. Das Verfahren eignet sich besonders gut für die Übertragung von Sprache; als wesentlicher Vorteil ist zu bezeichnen, daß die Steuerleistung eines normal belasteten Kohlekörner-Mikrophons zur vollständigen Aussteuerung hinreicht. *Sb.*

Abb. 3. Dezimeterwellen-Sender (40 bis 70 cm).

Theoretische Elektrotechn[illegible]k.

DK 621.318.423.029.6.001.4

Untersuchungen an Hochf[illegible]requenzspulen mit Eisenbandkernen bei verän[illegible]derlicher Gleichstromvormagnetisierung. [Nac[illegible]n G. Maus, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 369; 10 S[illegible]S., 15 Abb.]

Die Verw[illegible]endung von Eisenkernspulen, deren Induktivität durch Gl[illegible]eichstrommagnetisierung verändert werden kann, für die H[illegible]ochfrequenzschwingkreise von Empfängern bietet die Mög[illegible]lichkeit, Empfänger zu schaffen, die auf elektrischem Wege f[illegible]ernabgestimmt werden können. Es ist die Aufgabe gestellt, einen geeigneten Werkstoff für die Kerne dieser Spulen zu finden. Um eine Abstimmung für den gesamten Wellenbereich des Rundfunks bei fester Kapazität erzielen zu können, müssen die zu verwendenden Spulen die folgenden Bedingungen erfüllen:

1. Frequenzänderung im Verhältnis 1 : 3, d. h. Induktivitätsänderung im Verhältnis 9 : 1.
2. Überbrücken der zwei Frequenzbereiche 150 bis 500 kHz und 500 bis 1500 kHz mit je einem festen Kondensator.
3. Verlustwinkel möglichst klein, etwa $\operatorname{tg} \varepsilon = R/\omega L \leq 2\%$.
4. Magnetisierungsleistung höchstens 2 W.

Die für Pupinspulen verwendeten Kerne aus gepreßtem Eisenpulver (Massekerne) lassen sich hier nicht verwenden, da bei ihnen die durch Magnetisierung erzielbaren Induktivitätsänderungen zu gering sind. Größere Induktivitätsänderungen lassen sich jedoch bei Spulen mit Kernen aus bandförmigem ferromagnetischen Werkstoff, der in geeigneter Weise mechanisch und thermisch behandelt ist, erzielen. Die erforderliche Induktivität muß auf zwei Spulen mit getrennten Kernen aufgeteilt werden, damit eine Rückwirkung des Hochfrequenzwechselstromes auf den Gleichstromkreis vermieden wird. Die Wechselstromwicklungen müssen gleichsinnig, die Gleichstromwicklungen entgegengesetzt hintereinander geschaltet werden. Da in den Empfängern nur ein kleiner Raum für die Spulen zur Verfügung steht, müssen die Spulen möglichst klein ausgeführt werden. Die für die Untersuchungen verwendeten Kerne bestanden aus 0,01 mm oder 0,02 mm dicken und 10 mm breiten Bändern, die mit einem als Isolierung dienenden Papierband von 0,007 mm Stärke zu Kernen gewickelt waren. Der Innendurchmesser der Kerne betrug 23 mm, der Außendurchmesser etwa 26 mm.

Für die Untersuchung der verschiedenen magnetischen Werkstoffe wurde eine Dynatronschaltung benutzt. Bei dieser bilden die beiden Spulen, deren Kerne aus dem zu untersuchenden Stoff bestehen, mit einem verlustarmen Kondensator einen Schwingkreis. Die Gleichstrommagnetisierung wurde soweit erhöht, bis die erzeugte Frequenz den dreifachen Wert der Anfangsfrequenz erreicht hatte. Aus den Werten der Anodenspannung, der Anodenstromänderung, der Induktivität und der Kapazität wurde der Verlustwiderstand des Spulenpaares bestimmt. An einer als Kernwerkstoff verwendeten Eisen-Nickellegierung (40% Ni, 60% Fe) wurde untersucht, welchen Einfluß der Reckgrad und das Glühen bei verschiedenen Glühtemperaturen auf den Verlustwiderstand ausüben und welche Magnetisierungsstromstärke zur Erreichung der gewünschten Induktivitätsänderung notwendig ist. Am günstigsten erwies sich ein Reckgrad von 88% und eine Glühtemperatur von etwa 650°; hierbei genügte ein Magnetisierungsstrom von 1,2 A

Digitized by Google

zur Erzielung der Induktivitätsänderung von 9 : 1. Allerdings ergab sich noch ein zu großer Verlustwinkel. Eine Verminderung der Verluste war noch dadurch zu erzielen, daß die Bandstärke durch Ätzen der Bänder in konzentrierter Salzsäure von 0,01 mm auf 0,007 mm herabgesetzt wurde. Eine weitere Verminderung der Verluste bis auf $\operatorname{tg} \varepsilon \leq 2\%$ ließ sich noch dadurch erzielen, daß den Spulen schon bei der Anfangsfrequenz ein schwaches Magnetfeld überlagert wurde. Auf diese Weise gelingt es, die gewünschte Frequenzänderung im Verhältnis 1 : 3 durch Gleichstrommagnetisierung zu erreichen, ohne daß der Verlustwiderstand den zulässigen Wert überschreitet. Hierbei kann man dann den im Belastungskreis liegenden Strommesser unmittelbar in Frequenzen eichen. Da die Induktivität der Spulen sich in dem erforderlichen Frequenzbereich nicht mit der Frequenz ändert, kann man jede gewünschte Frequenz unabhängig von der Amplitude der Schwingung einstellen. *Mts.*

DK 537.528 : 621.3.015.33

Entladungen im zweigeschichteten Dielektrikum bei Stoßspannung. [Nach Toshio Honda, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 7, S. 458; 7½ S., 10 Abb.]

Der Verfasser zeigt in seiner Arbeit eine Reihe neuer Entladungserscheinungen, die auftreten, sobald elektrische Entladungen durch zwei Dielektrika verschiedener elektrischer Eigenschaften hindurchgehen. Er benutzt für seine Untersuchungen die technisch häufig vorkommende Schichtung Öl und Luft. Als Elektroden dienen Spitzen in Abständen bis zu einer Entfernung von 40 mm. Die durch einen Stoß 0,5|50 µs erzeugten Entladungen werden auf Photoplatten, die in der Ebene der Spitzen und senkrecht zur Trennschicht angebracht sind, durch unmittelbare Aufnahmen festgehalten. An Hand einer Reihe gut gelungener Aufnahmen kommt er zu folgenden Ergebnissen: In einer Voruntersuchung erfolgte die Entladung nur in Öl. In diesem Falle bilden sich gleichzeitig Figuren an der negativen und an der positiven Spitze aus, deren Formen sich nicht so wesentlich voneinander unterscheiden wie bei Entladungen in Luft von Atmosphärendruck. Die Kanäle der positiven Entladungen sind doppelt so lang wie die der negativen und gehen, allmählich dünner werdend, am Ende in feine Spitzen aus, während die Kanäle der negativen Figuren während ihrer ganzen Bahn etwa gleich stark sind und stumpf enden. Wenn sich bei höheren Spannungen die Kanäle von beiden Seiten berühren, so erfolgt noch kein Überschlag; vielmehr verlaufen bei weiterer Spannungssteigerung die Entladungen in dem schon von der Funkenbahn der Gegenelektrode vorbereiteten Kanal weiter. Etwa an der Stelle der ersten Berührung bildet sich dann bei noch höherer Spannung ein Ionisierungsherd, der zum Durchschlag überleitet.

Ist in dem geschichteten Dielektrikum die Spitze in Luft positiv, so entsteht zunächst nur an dieser eine Entladung, die sich bis zur Trennschicht erstreckt und sich auf dieser ausbreitet. Erst bei wesentlich höheren Spannungen erscheint die negative Figur im Öl, die bei weiterer Spannungssteigerung bis zur Grenzschicht vorwächst, jedoch ohne zunächst zum Überschlag zu führen. An der Öloberfläche bildet sich dabei ein besonders heller Fleck, der als Fußpunkt einer negativen Entladungsfigur in Luft dient. Erst nach Ausbildung dieser erfolgt der Überschlag, nachdem wahrscheinlich erst der Durchbruch der Luftstrecke vorangegangen ist. Bei negativer Spitze in Luft ist eine wesentlich höhere Spannung zur Erzeugung der Entladung im Öl notwendig. Eine Ausbreitung der negativen Entladung auf der Trennschicht findet nicht statt. Auch wurde die Ausbildung einer positiven Figur im Öl nicht beobachtet; dagegen erstreckten sich Äste einer positiven Entladung oberhalb der Öloberfläche in den Luftraum, während sich an der Spitze in Öl nur leichtes Glimmen zeigte. *G. Prt.*

Physik.

DK 535.336.2 : 537.534

Massenspektroskopische Untersuchungen von Wasserstoff- und Helium-Kanalstrahlen. [Nach W. Schütze, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 17 (1938) H. 3, S. 135; 21½ S., 16 Abb.]

Es wird ein Massenspektrograph und Massenspektrometer nach dem Parabel-Verfahren beschrieben. Der Kanalstrahl wird in einem ganzmetallischen Kanalstrahlrohr nach C. Hailer erzeugt. Er durchläuft einen Umladungsraum und wird an einer Reihe von Blenden, deren eine von außen sehr fein einstellbar ist, ausgeblendet. Er wird weiter zwischen den Polen eines Elektromagneten, die gleichzeitig Pole eines Kondensators sind, abgelenkt und entweder auf einer photographischen Platte oder einem Faraday-Käfig aufgefangen und gemessen. Mit diesem Massenspektrometer werden die Intensitätsverteilungen der Ionen von Wasserstoff- und Helium-Kanalstrahlen untersucht. Hierbei wird festgestellt, daß die primär im Kanalstrahl entstandenen Ionen H_2+- und $He+$-Ionen sind und 70 bis 75% der Entladungsspannung durchlaufen haben. Im Falle von Wasserstoff entstehen die übrigen Ionenarten zum größten Teil durch Aufbau oder Zerfall aus den primären H_2+-Ionen. Die von R. Döpel vermutete Existenz des Ions He_2+ wird bestätigt. Ebenso wird die Existenz eines H_4+-Ions, das auch von R. Döpel aus dem Zerfall $H_4+ \rightarrow H_2+$ vermutet wurde, auch an diesem sowie an den anderen Zerfallprozessen $H_4+ \rightarrow H_3+$, $H_4+ \rightarrow H_1+$ und $H_4+ \rightarrow H_1-$ bestätigt. Die Ionen H_4+ und He_2+ sind so instabil, daß sie nicht direkt als Parabeln beobachtet werden können. Es wurde außerdem gefunden, daß H_3+-Ionen außer dem normalen Prozeß $H_2+ + H_2 \rightarrow H_3+ + H$ im Gas noch an der Wand des Entladungsrohres entstehen können. *eb.*

AUS LETZTER ZEIT.

Aufgaben des „3. Leistungskampfes der deutschen Betriebe". — Im Frühjahr d. Js. wurde der 3. Leistungskampf der deutschen Betriebe", zu dem sich fast alle deutschen Betriebe gemeldet haben, eröffnet. Als Aufgaben im 3. Leistungskampf-Jahr wurden gestellt:

1. Die Entwicklung der Talente, ihrer besonderen Fähigkeiten und der richtige Einsatz dieser Fähigkeiten.

Die wichtigste und zugleich schwierigste Aufgabe, die der Betriebsführer durchzuführen hat, ist der richtige Einsatz seiner Gefolgschaft und die Förderung ihres Leistungsvermögens. Wesentlich hierbei ist, daß der Betriebsführer den fähigen Mitarbeiter als solchen erkennt, sein Wissen und Können entwickelt und fördert und ihn an eine solche Stelle setzt, die ihm die größten Entwicklungsmöglichkeiten bietet.

2. Jeder unnötige Verschleiß der Kräfte soll vermieden und für die dauernde Erneuerung der Arbeitsenergien gesorgt werden.

Diese Forderung hängt unmittelbar mit der ersten zusammen, indem für den richtigen Einsatz der Arbeitskräfte gesorgt wird, die Rücksicht nimmt auf die persönliche bzw. geistige und körperliche Eignung des Schaffenden für einen bestimmten Arbeitsplatz.

3. Schutz der Arbeitskraft.

Der Betriebsführer soll dafür Sorge tragen, daß der Arbeitseinsatz unserer Jugendlichen nicht zukunftsvernichtende Entwicklungsstörungen hervorruft und unsere Frauen nicht unfähig macht zur Lösung ihrer schönsten und wichtigsten Aufgabe als Mutter kommender Geschlechter.

Die Deutsche Arbeitsfront richtet ihren Appell in [illegible] Leistungskampf an den Betriebsführer, um ihm vor Augen zu führen, daß mit der richtigen Art der Menschenbetreuung gleichzeitig größte wirtschaftliche Erfolge zu erreichen sind. Der Appell richtet sich ebenso an die Gefolgschaft, um dieser zu zeigen, daß jeder deutsche Mensch, auf welchem Posten er auch stehen möge, seine Leistungen und seine Arbeitskraft voll einsetzen muß zum Segen des Volksganzen. *Hs.*

DK 621.397.5

Fernsehschau der Deutschen Reichspost in Südamerika. — Zur Zeit veranstaltet die Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost eine Leistungsschau deutscher Fernsehtechnik in einigen Staaten Südamerikas. Bei den Fernsehvorführungen wird ein umfassender Ausschnitt aus dem deutschen Fernsehdienst, dem Fernsehrundfunkdienst und dem nur in Deutschland eingeführten Fernsehsprechdienst gegeben. Um den Besuchern dieser Vorführungen einen zusammenfassenden Einblick in das Wesen der Fernsehbildübertragung zu geben, werden ferner die Bildzerlegung und der Bildaufbau in einer besonderen Fernseh-Lehrschau veranschaulicht.

Als Ausgangspunkt der Fernseh-Wanderschau wurde die Hauptstadt von Argentinien, Buenos Aires, gewählt, in der gerade der Weltpostverein tagte. Von Buenos Aires ging die Fernsehschau nach Rio de Janeiro, wo sie bereits seit Anfang Juni gezeigt wird. Der Fernseh-Wanderschau wird das deutsche Fernsehen während großer Ausstellungen und Messen noch u. a. in den Städten Santiago de Chile und Lima vorführen. *of.*

Digitized by Google

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Ziele und Grenzen der Flurbereinigung bei der Stromversorgung.

Von **Bruno Thierbach**, Berlin.

DK 621.311.003.1(43)

Übersicht. Es wird auf den Unterschied zwischen den „Nur-Verteilungsunternehmungen" des elektrischen Stromes und den Werken mit eigener Stromerzeugung hingewiesen. Während die ersteren durch die neuzeitliche Entwicklung ihre Daseinsberechtigung verloren haben und ihr völliges Verschwinden zur Rationalisierung der deutschen Stromversorgung notwendig geworden ist, liegt es im Sinne dieser Rationalisierung, die kleinen Kraftwerke zu erhalten und sogar neu zu schaffen, soweit sie zu einer billigen Stromerzeugung befähigt sind. Ihre Erzeugung, vor allem ihr Überschußstrom, ist von den Netzen der allgemeinen Landesversorgung aufzunehmen unter Aufhebung der selbsttätigen Stromverteilung.

Unter Flurbereinigung versteht man die planmäßige Zusammenlegung kleiner, verstreut liegender, aber einem Besitzer gehörenden Ackerflächen. Ihr Ziel ist die Erleichterung und Verbilligung der landwirtschaftlichen Bearbeitung.

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmungen haben das Wort Flurbereinigung für eine auf ihrem Gebiete planmäßig durchzuführende Maßnahme übernommen, nämlich für die Zusamenlegung kleiner und kleinster Stromverteilungsunternehmungen. Ihr Ziel ist gleichfalls eine Vereinfachung und Verbilligung der Stromversorgung und eine Erhöhung der Betriebssicherheit der Stromlieferung.

Während aber die landwirtschaftliche Flurbereinigung in einem gegenseitigen Austausch von Ackerparzellen unter den bisherigen Besitzern besteht, werden die kleinen Stromversorgungsunternehmungen in der Regel von der allgemeinen Landesversorgung, in deren Gebiet sie liegen, aufgesogen; sie verschwinden völlig.

Bisweilen kommen auch benachbarte Großstädte für die Aufnahme in Betracht; seltener der Zusammenschluß zu neuen größeren Einheitsgemeinden.

Den Anforderungen nach niedrigen Strompreisen waren die kleineren Werke nicht gewachsen; nur große Kraftwerke konnten die elektrische Energie so billig erzeugen und verteilen, daß sie Allgemeingut werden konnte, und dieses auch nur dann, wenn jeder Zwischenhandel vermieden wurde und das Erzeugerwerk unmittelbarer Lieferer an den „letzten Abnehmer" war.

Es kam hinzu, daß die elektrische Betriebskraft und noch mehr der Elektrowärme- und Kältestrom in größerem Umfange nur bei sehr geschickter Werbung und sachkundiger Aufklärung über seine m i t t e l b a r e n Vorteile und Annehmlichkeiten abgesetzt werden konnte, die kleinen Unternehmungen aber das hierfür geeignete Personal zu halten nicht in der Lage waren, und schließlich mußten sie völlig versagen, wenn größere Industrien sich in ihrem Gebiete ansiedeln wollten. Alle wichtigen technischen und kaufmännischen Maßnahmen gingen daher immer mehr in die Hände der Landesversorgungen über und die Kleinunternehmungen verloren ihre Daseinsberechtigung.

Der neue Leiter der Reichsgruppe Energiewirtschaft konnte daher mit Recht behaupten, daß die elektrowirtschaftliche Flurbereinigung eine schon lange überfällige und nunmehr mit aller Energie anzugreifende Maßnahme sei.

Diese Bestrebungen sind nun in der letzten Zeit einen bedeutenden Schritt vorwärtsgekommen. Der Generalbevollmächtigte für die Energiewirtschaft, D i l l g a r d t, hat am 27. 3. 1939 eine Anordnung erlassen, die mit folgenden Worten beginnt:

„*Im Rahmen der von mir vorgenommenen Flurbereinigung müssen die vereinzelt über das Reich verteilten sogenannten ‚Lichtgemeinschaften' verschwinden. Sie sind in die überlagernden Überlandversorgungsunternehmungen aufzunehmen ...*"

Es gibt, wie aus einem ausführlichen und sehr lesenswerten Aufsatze von A. F r i e d r i c h in einer Tageszeitung[1]) hervorgeht, im Altreiche unter den fast 10 000 Stromversorgungsunternehmen etwa 1200 solcher „Lichtgemeinschaften", d. h. nicht rechtsfähiger Zusammenschlüsse von Elektrizitätsverbrauchern. Sie sind an der gesamten nutzbaren Abgabe der öffentlichen Elektrizitätswirtschaft mit weniger als 0,02 % beteiligt, an der Zahl der Elektrizitätsversorgungsunternehmungen dagegen mit über 12 %. Die Gruppe der allerkleinsten Stromverteiler mit einer nutzbaren Jahresabgabe von 5000 bis 10 000 kWh überwiegt.

Daß die Anordnung des Generalbevollmächtigten sich bisher auf die „Lichtgemeinschaften" beschränkte, ist dadurch zu erklären, daß diese nicht rechtsfähige Gebilde sind. Während alle übrigen Stromversorgungsunternehmen zur Erfüllung ihrer Verpflichtungen aus dem Energiewirtschaftsgesetz, aus der Tarifforderung und anderen Regelungen angehalten werden können, fehlt bei den Lichtgemeinschaften ein verantwortlicher Betriebsleiter.

Die Flurbereinigung wird aber selbstverständlich nicht vor der großen Masse der handelsgerichtlich eingetragenen „Elektrizitäts-Genossenschaften" haltmachen, sofern diese nicht von sich aus in den Überlandversorgungsunternehmungen aufgehen.

Von ihnen bestehen in Großdeutschland z. Z. noch etwa 5000 unter den verschiedensten Rechtsformen und Bezeichnungen. Sie haben bei ihrer Gründung noch mehr als die Lichtgemeinschaften zur Verbreitung der Stromverwendung auf dem Lande beigetragen. Besonders in der Provinz Sachsen waren sie dank des tatkräftigen Eintretens und der organisatorischen Begabung von Ökonomierat R a b e stark verbreitet. Die Verdienste, die Rabe sich um die Stromversorgung der deutschen Landwirtschaft durch diese Gründungen erworben hat, müssen hoch eingeschätzt werden; sie werden auch dadurch nicht verringert, sondern erhöht, daß er die durch die gewaltigen Fortschritte der Elektrotechnik eingetretenen Wandlungen rechtzeitig erkannte, den Abbau seines Lebenswerkes selbst in die Wege leitete und die Genossenschaften in größere Gebilde zusammenschloß. Heute wird man einem solchen Zusammenschluß ein völliges Aufgehen in das übergeordnete Überlandversorgungsunternehmen vorziehen.

In letzter Zeit liegt für eine freiwillig durchgeführte Flurbereinigung eine ganze Reihe praktischer Beispiele vor, wie die Zusammenfassung in der Württembergischen Elektrizitätswirtschaft. Hier strebten die „Oberschwäbischen Elektrizitätswerke" schon lange danach, sich mit sieben benachbarten Zweckverbänden zusammenzuschließen. Dieses Ziel ist nunmehr erreicht worden. Das neue Gebilde, das sich die Bezeichnung „Elektrizitätsversorgung

[1]) Völk. Beobachter v. 15. 4. 1939.

Digitized by Google

Schwaben A.-G." zugelegt hat, versorgt ein Gebiet von etwa zwei Dritteln der Fläche Württembergs mit rd. 0,8 Mill Einwohnern. Es verfügt über 40 Wasserkraftwerke, einige Reserve-Wärmekraftwerke sowie ferner über eine namhafte Beteiligung an der „Vorarlberger Illwerke A.-G.", sowie über vertraglich gesicherte Bezugsleistungen beim RWE und anderen Großwerken. Hinzu kommen noch die Anlagen der „Elektrizitätsversorgung Württemberg A.G." mit wertvollen Lieferungsverträgen für alle größeren Elektrizitätswerke Württembergs.

Selbst die ganz großen Zusammenschlüsse in der deutschen Stromwirtschaft, wie die Ausdehnung der der Provinz Brandenburg gehörenden Märkischen Elektrizitätswerke A.-G. auf ganz Pommern, die Grenzmark und große Teile von Mecklenburg müssen als wertvolle Beiträge der Flurbereinigung angesprochen werden, desgleichen das Streben der früher nur an Wiederverkäufer oder ganz große Industrien stromliefernden Unternehmungen, z. B. der Reichselektrowerke, auch die Stromverteilung „bis zur letzten Lampe" aufzunehmen. Ja, alle Bemühungen der Landesversorgungs-Unternehmungen, die in ihren Gebieten noch bestehenden Stromlieferungsverträge in Konzessionsverträge umzuwandeln, die ihnen die unmittelbare Belieferung des „letzten Abnehmers" sichern, sind der Flurbereinigung zuzurechnen; denn sie führen durch die Ausschaltung überflüssig gewordener Zwischenhändler zur Vereinfachung und Verbilligung der Stromverteilung, der Verwaltung und des Stromverkaufes und ermöglichen hierdurch die Gewährung günstigerer Tarife; auch die mit solchen großzügigen Flurbereinigungen selbsttätig sich entwickelnde sachgemäße Verbundwirtschaft ist durch die Erhöhung der Sicherheit der Stromlieferung von größter Bedeutung.

Eine besondere Klasse von Unternehmungen, welche für die Flurbereinigung reif sind, bilden kleine Gemeindewerke, die sich noch selbständig gehalten haben. Da Billigkeit und Betriebssicherheit der Stromversorgung den Werken zur ersten Pflicht gemacht ist, ist damit zu rechnen, daß eine große Anzahl der kleinen gemeindlichen Elektrizitätswerke ihre Selbständigkeit bald aufgeben wird.

Betrachten wir nun die Grenzen, welche der Flurbereinigung gezogen sind. Für die deutsche Elektrowirtschaft muß als oberster Grundsatz gelten, daß jede erschließbare Kraftquelle eingesetzt und jede bereits vorhandene soweit als irgend tunlich voll ausgenutzt wird.

Bestehende Kleinkraftwerke behalten daher im Gegensatz zu den kleinen Verteilerwerken ihren Wert, sofern ihre stärkere Ausnutzung die Möglichkeit bietet, wirtschaftlich Strom für die allgemeinen Landesnetze zu gewinnen. Dieses wird häufig bei Wasserkräften selbst kleineren Umfanges der Fall sein. Kein Kubikmeter Wasser darf in bereits ausgebauten Anlagen unbenutzt über ein Wehr laufen und jede Überlandzentrale hat die Pflicht, ihr Gebiet auf ausbauwürdige Wasserkräfte zu untersuchen. Dieses ist auch bereits weitgehend geschehen, und selbst in der Norddeutschen Tiefebene gelegene Unternehmen, wie die Stromversorgung von Pommern und Brandenburg, haben eine größere Anzahl auch kleinerer Wasserkräfte selbst ausgebaut.

Schwieriger war es bisher, die Verwaltungen der Überlandwerke zur Aufnahme der Überschußkräfte privater Anlagen zu veranlassen,, da sie die Unbequemlichkeit des Parallelarbeitens scheuten. Infolge der in den letzten Jahren von der Maschinen- und Elektrotechnik gemachten Fortschritte sind diese Bedenken aber hinfällig geworden.

Bedienungslos oder mit Fernschaltungen arbeitende Wasserkräfte gibt es in Deutschland bereits eine ganze Reihe, und auch Öl- und Gasantriebsmaschinen sind mit Vorrichtungen versehen, welche sie zu zuverlässigen, sofort einspringenden Augenblicksreserven machen. Diese Einrichtungen müssen so weiter durchgebildet werden, daß jedes Elektrizität erzeugende Kraftwerk die über den augenblicklichen Eigenbedarf hinausgehenden Strommengen selbsttätig in die Landesnetze abzugeben und ebenso bei größerem Strombedarf Zusatzstrom aus ihnen aufzunehmen vermag.

Auf diesem Wege könnte, ohne größere Kapitalfestlegungen für neue Erzeugungsanlagen und ohne einen Mehraufwand an Bedienungspersonal, manche billige Kilowattstunde der allgemeinen Landesversorgung zugeführt werden.

Große Industriebetriebe, die noch heute fast die Hälfte der gesamten deutschen Stromerzeugung aufbringen, sollten planmäßig daraufhin untersucht werden, ob bei einer Kuppelung mit den Netzen der Landesversorgung und dem Abschluß von Gegenseitigkeitsverträgen sich nicht bedeutende wirtschaftliche Vorteile für die Industriewerke wie für die Allgemeinheit erzielen lassen.

Diese Untersuchungen müßten auch auf Feststellungen ausgedehnt werden, ob und inwieweit bei einer Kuppelung von Eigenerzeugungsanlagen und Landesversorgung sich durch Einschränkung des Eigenbedarfes der Industriebetriebe während der Zeiten der Spitzenbelastung der Landeswerke Vorteile für die Allgemeinheit erzielen lassen.

Hier nötigenfalls regelnd einzugreifen, wird mit zu dem Tätigkeitsbereich der für die Flurbereinigung maßgebenden Stellen gehören. Sie werden letzten Endes zu entscheiden haben, ob bei Übernahme der Verteilungsanlagen das Auffangunternehmen die Erzeugungsanlagen miterwirbt oder sie dem ursprünglichen Unternehmen läßt und von diesem nur die zur Verfügung stehende elektrische Überschußarbeit abnimmt. Wie die Überlandversorgungs-Unternehmen dabei verfahren wollen, wird im wesentlichen bestimmt durch die Größe, Wirtschaftlichkeit und den Zustand der Erzeugungsanlagen sowie die Kapitalkraft des übernehmenden Werkes.

Zusammenfassung.

Die Flurbereinigung ist notwendig, um Stromverteilung und -verkauf durch Vereinheitlichung auf den höchsten Stand der Wirtschaftlichkeit zu bringen, die zügellose Tarifhoheit kleiner Verwaltungen zu beseitigen und den für eine vielseitigere Stromverwendung so notwendigen Werbearbeiten durch gut vorgebildete Sachverständige eine höhere Wirkung zu verleihen; zur Erreichung dieses Zieles ist die völlige Beseitigung zahlreicher Verteilungsunternehmungen nicht zu umgehen. Durch die unbedingte Notwendigkeit, jede vorhandene Kraftquelle zu erschließen und möglichst voll auszunutzen, wird aber auch kleineren Stromerzeugungsstätten ihre Daseinsberechtigung erhalten bleiben, und vorhandene größere Industrieanlagen werden durch planmäßige Verbundarbeit mit der Landesversorgung zur Erfüllung des Vierjahresplanes, im besonderen zum Erringen unserer Rohstofffreiheit, viel beitragen können. Beschleunigte Flurbereinigungen und eine wohldurchdachte Vollausnutzung aller vorhandenen Kraftquellen, wobei die Flurbereinigungsstellen nötigenfalls regelnd eingreifen, sind die beiden in nächster Zeit zu lösenden Hauptaufgaben der deutschen Elektrizitätsversorgung.

Digitized by Google

Anordnung 32 a der Überwachungsstelle für Metalle betr. Verwendung von Metallen in der Elektrotechnik[1]**.**

Der Reichsbeauftragte für Metalle hat die obige Anordnung unter dem 24. 6. 39 erlassen, wobei die Anordnung 32 vom 25. 6. 1935[2]) außer Kraft tritt. Die Bestimmungen der neuen Anordnung betreffen die Verwendung von Metallen, und zwar Kupfer, Nickel, Chrom, Kobalt und deren Legierungen, ferner Blei und Bleilegierungen, Zinn und Zinnlegierungen, Zink und Zinklegierungen, Kadmium und Kadmiumlegierungen, Quecksilber und schließlich Metalle der Metallklassengruppen I bis IX und XI bis XX[3]). Die Anordnungen erstrecken sich auf jeden Verarbeitungsgrad auch in Form von Plattierungen, Überzügen und sonstigen Deckschichten. Betroffen sind hauptsächlich blanke und umhüllte Leitungen, Starkstromkabel und Fernmeldeleitungen und deren Zubehör, Beleuchtungskörper, Installationsmaterial, Fernmelde-, Meß- und Funkgeräte sowie andere elektrische Geräte.

Wie die Anordnung 46, die in derselben Nummer des Reichsanzeigers veröffentlicht ist, besagt, gelten die Verwendungsverbote nicht für Erzeugnisse, die nachweislich zur Ausführung von Auslandsaufträgen bestimmt sind. Bei mittelbarer Ausfuhr muß der Nachweis des Ausfuhrzwecks durch Ausfuhrbeleg nach den Vorschriften zur Verbrauchsregelung für Metalle erbracht werden (§ 12 der Anordnung 46 der Überwachungsstelle für Metalle betr. Verwendungsverbote für Metalle). Die Bestimmungen dieser letzteren Anordnung sind Bestandteile aller zukünftigen bzw. bisher erlassenen Verbotsanordnungen der Überwachungsstelle für Metalle. *Hs.*

DK 621.312.003.1(7)

Überblick über die amerikanische Elektroindustrie. [Nach A. G. Arnold, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 157; $2^1/_4$ S., 5 Abb., 5 Zahlentafeln.]

Die Entwicklung der amerikanischen Elektroindustrie wird an Hand einer Statistik dargestellt. Zunächst wird auf den Auftragsindex des Verbandes der amerikanischen Elektroindustrie (NEMA) für 1. Motoren und Generatoren, 2. Übertragungs- und Verteilungsmaterial eingegangen. Seit dem Frühjahr 1937 ist ein ständiges Abfallen der Auftragseingänge festzustellen. Umfang und Beschäftigung der Elektroindustrie im Verhältnis zum Stromabsatz und der Bevölkerungszunahme sowie im Vergleich zur Gesamtindustrie werden in Zahlentafel 1 gegeben. Während die elektrotechnischen Firmen 46% über dem Fabrikationsstand 1925 lagen, war die Maschinenindustrie nur 6% höher. Durch großen Absatz an Geräten war es der Elektroindustrie möglich, große Serien aufzulegen und die Elektroapparate sehr preiswert anzubieten. Zahlentafel 2 gibt den Vergleich der Preise einiger amerikanischer und deutscher Haushaltgeräte. Hierbei ist nicht die Börsenbewertung der amerikanischen Währung, sondern die Kaufkraft des Dollars mit 2 RM eingesetzt. Der Verfasser geht auf den Wert der Herstellung und die gezahlten Löhne und Gehälter der Elektroindustrie ein und vergleicht die amerikanische und deutsche Elektroausfuhr und Beschäftigung. Unsere Ausfuhr ist der amerikanischen wieder etwas voraus, ebenso die Zahl der Beschäftigten. Die wöchentliche Arbeitszeit beträgt in den V.S. Amerika 40 Std., bei uns aber 48 Std., die deutsche Elektroindustrie ist also in dieser Beziehung im Vorteil. Trotz der Zusammenballung der amerikanischen Elektroausfuhr auf wenige Länder, die einzeln verzeichnet werden, zeigt diese im Laufe der Jahre besonders starke Schwankungen auf. Für die amerikanische Elektroindustrie fallen diese großen Schwankungen nicht so ins Gewicht, da der Ausfuhranteil am Gesamtherstellungswert geringer als z. B. in Deutschland ist.

1) Deutscher Reichsanzeiger Nr. 147 vom 29. 6. 1939.
2) ETZ 56 (1935) S. 875.
3) Anordnung 27 a.

Zahlentafel 3. Vergleich der amerikanischen und deutschen Ausfuhr sowie der Beschäftigten in der Elektroindustrie.

Jahr	Ausfuhr V. S. Amerika[1]) in 1000 RM	Ausfuhr Deutschland in 1000 RM	Beschäftigte V. S. Amerika in 1000	Beschäftigte Deutschland in 1000
1929	627 900	587 700[4])	329	332[4])
1930	554 890	629 500	190	280
1931	415 947[2])	540 000	180	237
1932	263 588[3])	353 800	—	183
1933	—	248 900	131	190
1934	181 588	226 400	160	254
1935	205 327	233 200	180	287
1936	247 457	266 200	210	312
1937	307 000	328 000	352	359
1938	—	335 987[5])	—	—

1) 1929/32: 1 Dollar = 4,2 RM, ab 1934: 1 Dollar = 2,5 RM.
2) 1930/31, Electr. Rev., Chicago 111 (1932) S. 575.
3) 1931/32, Electr. Rev., Chicago 111 (1932) S. 575.
4) 1928/29, Durchschnitt beider Jahre.
5) Ohne Österreich.

Die Elektrizitätswerke der V.S.Amerika sind, wie wohl überall, der Hauptauftraggeber der Elektroindustrie. Der jährliche Kapitalaufwand für Neubauten dieser Werke wird angegeben, unterteilt nach Kraftwerken sowie Übertragung und Verteilung. In diesen Summen ist die Beschaffung aller Arten von Elektrogeräten der Werke nicht enthalten. Der Kapitalaufwand für die Übertragung bis zum Abnehmer rückt immer mehr in den Vordergrund, während derjenige für die eigentliche Stromerzeugung zurücktritt. Der elektrischen Kraftübertragung auf große Entfernungen, wie sie in den V.S.Amerika vorkommen, sind also Grenzen gesetzt. Die Gesamtsumme der Aufträge der Elektrizitätswerke für Neubauten stieg 1930 fast auf 1 Mrd Dollar, um dann den Tiefpunkt i. J. 1933 zu erreichen, der durch einen langsamen Anstieg überwunden zu sein scheint.

Trotz des steigenden Binnenmarktes und des weiter wachsenden Stromverbrauchs hat sich die Bewertung der Aktien — im Gegensatz zu der Bewertung der Obligationen — der Elektrizitätswerke seit dem Börsensturz nicht erholen können. Den Schluß bildet die Darstellung der beiden Haupt-Elektrokonzerne der V.S.Amerika, der General Electric Co. und Westinghouse Electric & Manufacturing Co. *A. G. A.*

Zahlentafel 1. Statistik der amerikanischen Elektroindustrie (1925 = 100).

	1925	1927	1929	1931	1933	1934	1935	1936	1937
1. Erzeugung der Elektroindustrie	100	112	156	85	51	70	85	119	146
2. Beschäftigung der Elektroindustrie	100	101	137	90	68	90	97	113	147
3. Erzeugung der Gesamt-Maschinenindustrie	100	101	113	76	71	74	86	100	106
4. Stromverkauf	100	122	150	144	131	141	155	180	190
5. Einwohnerzahl	100	103	106	108	109	110	111	112	113

Zahlentafel 2. Preisvergleich einiger Elektrogeräte in den V. S. Amerika und Deutschland*).

Geräteart	V. S. Amerika Dollar	V. S. Amerika RM	Deutschland RM
Glühlampe 25 W	0,185	0,37	0,82
Haushaltungs-Kühlschrank	166,—	332,—	480,—
Waschmaschine	65,—	130,—	400,—
Staubsauger	55,—	110,—	135,—

Bei der Umrechnung ist nicht der Kurswert des Dollars, sondern seine Kaufkraft mit 2 RM je Dollar eingesetzt.

*) Diese Zahlentafel ist in abgeänderter Form dem Aufsatz von Richard Fischer „Die wirtschaftliche Ausgestaltung landwirtschaftlicher Netze", Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) S. 923 entnommen. S. a. Elektrizitätswirtsch. 36 (1937) S. 23.

Energie-Versorgung Schwaben AG. (EVS), Stuttgart-N.

Die bisherige Elektrizitäts-Versorgung Württemberg AG., auf die die unten aufgezählten Werke ihr gesamtes Vermögen übertragen haben, lautet jetzt Energie-Versorgung Schwaben AG. (EVS): Oberschwäbische Elektrizitätswerke, Biberach (OEW), Überlandwerk Aistaig, Elektrizitätswerke Enzberg-Mühlhausen, Überlandwerk Hohenlohe-Öhringen, Überlandwerk Ingelfingen-Hohebach, Elektrizitätswerk Teinach-Station, Überlandwerk Tuttlingen. Mit dem Zusammenschluß ist das Aktienkapital der Gesellschaft von 10,5 auf 41 Mill RM erhöht worden.

Handelsregistereintragung. — Württembergische Elektromotoren-Gesellschaft m. b. H., Stuttgart, Uhlandstraße 14 B (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Elektromotoren und verwandten Artikeln.

Digitized by Google

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Frankreichs Elektro-Außenhandel 1938. — Die französische Elektro-Ausfuhr betrug 1938 31,3 Mill RM. Gegenüber dem Vorjahr ist sie um fast 3 Mill RM oder 10% gestiegen, und zwar infolge der starken Zunahme der Ausfuhr von elektrischen Maschinen, Schalt- und Sicherheitsapparaten und Maschinen- und Apparateteilen (Zahlentafel 1), deren Ausfuhr von 1937 zusammen 6,1 Mill RM auf 1938 9,6 Mill RM zugenommen hat. Auch in den Gruppen Meßvorrichtungen, Koch- und Heizgerät und Werkzeuge, Elektromedizin, Automobilzubehör,

Zahlentafel 1. Frankreich: Elektroausfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil a. d. franz. Gesamt-Elektroausfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Elektrische Maschinen (Generatoren, Motoren, Transformatoren usw.)	3 068	2 864	4 760	10,6	10,1	15,2
Akkumulatoren und Elemente	1 810	1 881	1 875	6,3	6,7	6,0
Kabel u. isolierte Drähte	4 621	4 637	4 598	16,0	16,3	14,7
Meßinstrumente[1])	161	217	298	0,6	0,8	0,9
Schalt-, Sicherheits- und Verteilungsapparate	1 331	1 292	2 481	4,6	4,5	7,9
Telegraphie u. Telephonie mit Draht	798	1 432	1 041	2,8	5,0	3,3
ohne Draht	2 777	2 472	2 234	9,6	8,7	7,1
Radioröhren	979	914	661	3,4	3,2	2,1
Glühlampen[2])	1 152	1 037	674	4,0	3,6	2,2
Koch- u. Heizapparate, Haushaltgerät, Werkzeuge	1 521	1 480	1 749	5,3	5,2	5,6
Elektromedizin	610	483	654	2,1	1,7	2,1
Automobilzubehör[3])	363	448	510	1,3	1,6	1,6
Kohle für Bogenlampen, Öfen usw.	820	1 173	1 344	2,8	4,1	4,3
Kohlenbürsten	1 056	1 232	941	3,7	4,3	3,0
and. Kohle f. d. Elektrotechnik	764	917	800	2,6	3,2	2,6
Elektroporzellan u. -glas	1 285	1 200	1 009	4,5	4,2	3,2
Teile von Maschinen und Apparaten	1 774	1 902	2 357	6,1	6,7	7,5
sonst. nicht bes. ben. elektr. App. u. Vorrichtungen	3 940	2 882	3 323	13,7	10,1	10,7
Insgesamt	28 830	28 463	31 309	100	100	100

[1]) einschl. der Maximalzähler; die übrigen Zähler sind zusammen mit Gas- und Wassermesser angeschrieben.
[2]) einschließlich Glaskolben und Glühlampen.
[3]) Dynamomaschinen, Zündapparate, Zündkerzen, Signalinstrumente.

Zahlentafel 2. Frankreich: Elektroausfuhr nach Absatzländern.

Absatzländer[1])	1936	1937	1938	Anteil a. d. franz. Gesamt-Elektroausfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Europa						
Belgien-Luxemburg	2 632	2 716	2 674	9,1	9,5	8,6
Großbritannien	1 941	1 861	2 139	6,7	6,5	6,8
Polen-Danzig	296	245	1 808	1,0	0,9	5,8
Spanien	823	1 279	1 635	2,9	4,5	5,2
Niederlande	708	855	1 484	2,5	3,0	4,7
Schweiz	902	1 056	1 178	3,1	3,7	3,8
UdSSR.	621	169	1 046	2,2	0,6	3,3
Rumänien	236	239	655	0,8	0,8	2,1
Deutschland	364	244	295	1,3	0,9	0,9
Italien	267	400	256	0,9	1,4	0,8
Portugal	137	116	255	0,5	0,4	0,8
Tschecho-Slowakei	282	256	241	1,0	0,9	0,8
Schweden	227	188	219	0,8	0,7	0,7
Norwegen	45	74	215	0,2	0,3	0,7
Jugoslawien	792	151	171	2,7	0,6	0,6
Türkei	91	52	155	0,3	0,2	0,5
sonst. europ. Länder	280	364	384	0,9	1,2	1,2
zusammen	10 644	10 265	14 810	36,9	36,1	47,3
Übersee (ohne franz. Kolonien)						
Ägypten	397	341	494	1,4	1,2	1,6
V.S. Amerika	264	318	341	0,9	1,1	1,1
Argentinien	180	316	307	0,6	1,1	1,0
Brasilien	238	254	208	0,8	0,9	0,7
China	89	133	261	0,3	0,5	0,8
Japan	108	105	181	0,4	0,4	0,6
Brit.-Indien	84	120	123	0,3	0,4	0,4
Niederl.-Indien	.	75	105	.	0,3	0,3
sonstige Länder	750	833	831	2,6	2,9	2,6
zusammen	2 110	2 495	2 851	7,3	8,8	9,1
Französische Kolonien	16 076	15 703	13 648	55,8	55,1	43,6
insgesamt	28 830	28 463	31 309	100	100	100

[1]) Innerhalb der drei großen Abschnitte Europa, Übersee, Kolonien nach der Größe 1938 geordnet.

Zahlentafel 3. Frankreich: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil a. d. franz. Gesamt-Elektroeinfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Elektrische Maschinen (Generatoren, Motoren, Transformatoren, Ventilatoren usw.) und Teile davon	6 618	7 565	7 319	16,7	18,7	23,2
Akkumulatoren und Elemente	331	330	135	0,9	0,8	0,5
Kabel und isolierte Drähte	904	1 075	606	2,3	2,7	1,9
Meßinstrumente[1])	469	582	400	1,2	1,4	1,2
Schalt-, Sicherheits- u. Verteilungsapparate	6 049	5 575	4 414	15,2	13,8	13,9
Signalapparate	205	155	132	0,5	0,4	0,4
Telegraphie u. Telephonie mit Draht	354	427	660	0,9	1,0	2,2
ohne Draht	6 626	6 094	3 420	16,7	15,0	10,9
Radioröhren	4 348	4 570	3 321	10,9	11,3	10,6
Glühlampen[2])	2 384	2 861	1 713	6,0	7,1	5,3
Bogenlampen und ähnliche Lampen	433	425	352	1,1	1,0	1,2
Koch- und Heizapparate, Bügeleisen	690	723	656	1,6	1,8	2,1
Staubsauger, Bohnermasch. usw.	418	535	353	1,0	1,3	1,1
Kältemaschinen, andere Haushaltmaschinen	1 796	1 398	1 658	4,5	3,4	5,3
Bohr- u. Schleifmaschinen usw.	588	583	491	1,5	1,5	1,6
Schweißmaschinen	493	493	552	1,2	1,2	1,7
Elektromedizin	595	563	367	1,5	1,4	1,2
Automobilzubehör[3])	1 633	2 073	1 707	4,1	4,9	5,4
Kohle f. d. Elektrotechnik	794	913	831	2,0	2,3	2,6
Elektroporzellan und -glas usw.	309	371	226	0,8	0,9	0,7
Kondensatoren	1 789	1 383	654	4,5	3,4	2,1
sonst. nicht bes. ben. elektr. Apparate und Vorricht.	1 979	1 978	1 568	4,9	4,7	4,9
Insgesamt	39 805	40 672	31 535	100	100	100

Zahlentafel 4. Frankreich: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil a. d. franz. Gesamt-Elektroeinfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Deutschland	12 463	11 485	9 155	31,3	28,2	30,7 (Deutschland und Österreich)
Österreich	1 356	1 225	538	3,4	3,0	
V.S. Amerika	8 769	8 994	7 197	22,0	22,1	22,8
Niederlande	5 861	6 657	4 234	14,7	16,4	13,4
Großbritannien	4 175	3 874	3 592	10,5	9,5	11,4
Schweiz	3 731	3 933	3 439	9,4	9,7	10,9
Ungarn	784	1 291	989	2,0	3,2	3,1
Schweden	874	983	934	2,2	2,4	3,0
Belgien-Luxemburg	1 126	1 325	911	2,8	3,3	2,9
sonstige Länder	666	905	546	1,7	2,2	1,8
insgesamt	39 805	40 672	31 535	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

Kohle für Lampen und Öfen sowie nicht besonders benannte Apparate sind Ausfuhrverbesserungen erzielt, in den übrigen Gruppen ist das Vorjahrsergebnis nur knapp erreicht (Kabel und Draht, Akkumulatoren und Elemente) und z. T. erheblich unterschritten worden (Glühlampen, Telegraphie und Telephonie, Kohlenbürsten, Elektroporzellan). Hauptabsatzgebiet (Zahlentafel 2) war mit fast 40% Mehraufnahme gegenüber 1937 Europa, das 1938 47% der gesamten französischen Elektro-Ausfuhr aufgenommen hat, während der Anteil der französischen Kolonien von 55% in den Vorjahren infolge der 1938 verminderten Ausfuhr auf 43,6% zurückgegangen ist. Innerhalb Europas ist die Ausfuhr zurückgegangen nach Belgien-Luxemburg, Italien, Tschecho-Slowakei, nach den übrigen Ländern ist sie gestiegen, am stärksten nach Polen, UdSSR. und Rumänien. Die französische Elektro-Einfuhr ist 1938 dagegen wesentlich eingeschränkt worden. Sie betrug 31,5 Mill RM, erreichte also kaum mehr als den Wert der Ausfuhr 1938 und blieb damit um 9 Mill RM oder 22,5% hinter dem Vorjahrsergebnis zurück. Eine Einfuhrzunahme ist in den Gruppen Telephonie mit Draht, Kältemaschinen und Haushaltmaschinen und Schweißapparate eingetreten (Zahlentafel 3), in allen übrigen Gruppen ging die Einfuhr zurück, mit am stärksten in den wichtigen Gruppen Rundfunk, Glühlampen, Schaltapparate, Kabel und Draht. Die Bezugsländer (Zahlentafel 4) sind alle an dem Einfuhrrückgang beteiligt gewesen, am stärksten die Niederlande, deren Anteil am Gesamt von 16,4 auf 13,4% gefallen ist. Deutschland steht mit 30,7% gegen 31,2% 1937 an erster Stelle, gefolgt von den V.S.Amerika, die ihren Anteil von über 22% in den letzten drei Jahren gehalten haben.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für die Prüfung mit Stoßspannungen.

Der Ausschuß hat VDE 0450/1933 „Leitsätze für die Prüfung mit Spannungsstößen" einer eingehenden Neubearbeitung unterzogen, wobei die entsprechenden Festlegungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) weitgehend berücksichtigt wurden. Das Ergebnis der Beratungen des Ausschusses hat zu dem Entwurf von

VDE 0450 Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke

geführt, der in ETZ 60 (1939) S. 874 veröffentlicht ist. In diesem Zusammenhang wird auf die einführenden Bemerkungen der Herren E. Marx und P. Jacottet auf S. 870 dieses Heftes verwiesen.

Begründete Einsprüche und Anregungen zu dem Entwurf sind spätestens bis zum 2. September 1939 an die Geschäftstelle des VDE einzureichen.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte einen Entwurf zu VDE 0270 U „Umstellvorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV" aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 424 veröffentlicht war.

Unter Berücksichtigung der eingegangenen Einsprüche wurden einige Änderungen vorgenommen.

Die sich hiernach ergebende endgültige Fassung der Vorschriften, die in ETZ 60 (1939) S. 878 veröffentlicht ist, ist vom Vorsitzenden des VDE im Juni 1939 genehmigt worden und tritt am 21. Juli 1939 in Kraft.

Die Stellungnahme des Ausschusses für Errichtungsvorschriften I zu den „Umstell-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV" ist in ETZ 60 (1939) S. 878 veröffentlicht.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Ablauf der Prüfzeichengenehmigungen für Stahl- und Stahlpanzerrohre.

Am 1. 1. 1940 treten neue „Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen" in Kraft (vgl. ETZ 1939, Heft 26, Seite 789/90).

Nach § 6, 1d, der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle erlöschen zu dem genannten Zeitpunkt die von der Prüfstelle auf Grund der jetzt noch geltenden Bestimmungen VDE 0610, § 92, und Normblatt DIN VDE 9010, Ausgabe Juli 1926, erteilten Prüfzeichengenehmigungen für Stahlrohre und Stahlpanzerrohre.

Die Gültigkeit dieser Genehmigungen kann aber verlängert werden, wenn eine vor Ablauf dieser Frist vorgenommene Nachprüfung ergibt, daß die Rohre den neuen Bestimmungen entsprechen. Zur rechtzeitigen Vornahme dieser Prüfungen, die auf Kosten der Genehmigungsinhaber durchgeführt werden, ist es erforderlich, daß die Prüfanträge und die zu prüfenden Rohre der VDE-Prüfstelle spätestens bis zum 15. 10. d. J. eingereicht werden.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.385 + 621.396

Hochfrequenztechnik. Bd. 2: **Elektronenröhren und Verstärker.** Von Studienrat J. Kammerloher. (Lehrbücher der Feinwerktechnik Bd. 3, herausg. von Dr. K. Gehlhoff.) Mit 290 Abb., XV u. 326 S. im Format A 5. C. F. Winter'sche Verlagshandlung, Leipzig 1939. Preis kart. 11,50 RM, geb. 12,80 RM.

Während der erste Band der Hochfrequenztechnik die Vorgänge in den elektromagnetischen Schwingungskreisen und die Berechnung ihrer Bauelemente ausführlich behandelt und bereits in zweiter erweiterter Auflage erschienen ist, bringt der nunmehr vorliegende zweite Band die Grundlagen der Elektronenröhren und Verstärker. Im ersten Teil werden die Emissions-, Raumladungs- und Steuerungsprobleme der Elektronenröhren sowie die Theorien der Mehrgitter- und Magnetfeldröhren sehr eingehend behandelt. Der zweite Teil ist den Grundlagen des Verstärkers gewidmet und in die Verstärkung kleiner und großer Wechselspannungen unterteilt. Während die Probleme der Verstärkung kleiner Wechselspannungen rein mathematisch behandelt werden können, werden die Vorgänge der Verstärkung relativ großer Wechselspannungen mit Hilfe graphischer Verfahren unter Verwendung experimenteller Kennlinienfelder erörtert. Der dritte Teil befaßt sich mit der Anwendung der Verstärkertheorie auf die Verstärkung von Tonfrequenzen. Zunächst werden die Vorverstärker mit Widerstands-Kapazitäts- oder Übertragerkopplung besprochen, anschließend die Leistungsverhältnisse und Anpassungsfragen von Endstufen. Das Schlußkapitel bringt die genaue Berechnung eines Ausgangsübertragers.

Dieser zweite Band der Hochfrequenztechnik setzt nur die Grundlagen der Elektrotechnik und Mathematik voraus und wird wegen der klaren Darstellungsweise der Vorgänge in den Elektronenröhren und Niederfrequenzverstärkern sowie wegen der zahlreichen experimentellen Röhrenkennlinien dem Verstärkerfachmann unentbehrlich sein. E. Meinel VDE.

DK 621.317.32.015.2 : 537.1

Spontaneous Fluctuations of Voltage due to brownian motions of electricity, shot effect, and kindred phenomena. (Oxford Engineering Science Series). Von E. B. Moullin. Mit 88 Abb., VIII u. 251 S. im Format 160 × 240 mm. Oxford University Press, London E. C. 4, Amen House, Warwick Square, 1938. Preis geb. 17 s 6 d.

Das Buch beschäftigt sich mit jenen sehr kleinen und nur mit hochwertigen Verstärkeranordnungen überhaupt meßbaren Spannungs- und Stromschwankungen, die ihre Existenz letzten Endes der atomistischen Struktur der Materie und elektrischen Ladung und den dadurch bedingten thermischen Schwankungen verdanken. Während auf mikroskopischem Gebiet thermische Schwankungseffekte schon seit langer Zeit (Brownsche Bewegung) bekannt sind, hat man sie auf dem elektrischen Ge-

Digitized by Google

biet erst mit Hilfe der in den letzten Jahrzehnten erheblich verfeinerten Meßtechnik gefunden und systematisch untersucht. Es handelt sich hier im wesentlichen um zwei Erscheinungen: Die erste betrifft Spannungsschwankungen an den Enden eines ohmschen Widerstandes (Johnsoneffekt), die zweite Stromschwankungen in Elektronenröhren, ein als „Rauschen" bekannter Effekt, für den Schottky die Deutung als sogenannten „Schroteffekt" qualitativ und quantitativ gegeben hat. Beide Erscheinungen werden hier in durchaus umfassender Weise vom experimentellen und theoretischen Standpunkt aus behandelt, wobei als sehr angenehm empfunden wird, daß der Verfasser auf die mannigfachen begrifflichen Schwierigkeiten für das volle Verständnis der elektrischen Schwankungserscheinungen und ihre Verknüpfung mit allgemeinen Überlegungen aus der thermischen Statistik besonders liebevoll eingeht. Das Buch ist deswegen keine sehr leichte Lektüre, enthält jedoch darüber hinaus keine großen formalen Schwierigkeiten. Außer den beiden erwähnten Fundamentalerscheinungen elektrischer Schwankungen werden noch kurz der Funkeleffekt, Schwankungen der Ionisation und Sekundäremission und die Widerstandsschwankungen behandelt.

Das Werk dürfte in erster Linie den Physiker interessieren, der eine derartig gründliche und kritische Zusammenfassung eines für ihn sehr interessanten und reizvollen Gebietes sicher dankbar begrüßen wird. Was den Elektrotechniker anbetrifft, so berührt naturgemäß der Stoff des Buches ausschließlich die Belange des Fernmeldetechnikers, der sich für die Grenze des Verstärkungsgrades in Röhrenverstärkern und dgl. interessiert.

G. Mierdel VDE

DK 539.17

Einführung in die Kernphysik. Von Dr. habil. W. Riezler. Mit 19 Abb. u. 188 S. im Format 125×205 mm. Verlag Bibliographisches Institut A.G., Leipzig 1937. Preis geb. 2,60 RM.

Der Verfasser hat sich vorgenommen, „einen Überblick über das gesamte Gebiet der Kernphysik zu geben, welcher streng wissenschaftlich gehalten ist, aber doch keine speziellen fachliche Vorkenntnisse voraussetzt". Einen solchen Versuch wird der Physiker mit Skepsis beurteilen, denn wenige Gebiete der neueren Physik setzen ein derartiges Maß an exaktem, vornehmlich mathematischem Wissen voraus wie die Kernphysik. Man darf daher nicht erwarten, daß der Verfasser dem Leser etwa die Beweiskraft der wellenmechanischen Theorie der Kernphysik schlüssig vorführen kann, und wird sich damit begnügen müssen, wenn es ihm gelingt, die Ergebnisse einigermaßen plausibel zu erläutern. Und dies wenigstens kann als gelungen bezeichnet werden.

Nach einer kurzen historischen Einführung über die Problemstellung und die Vorläufer der heutigen Kernphysik werden zunächst die wichtigsten Eigenschaften der Atomkerne — Ladung, Masse, Größe, Spin, magnetisches und elektrisches Moment — erklärt, einige Verfahren zur Ermittlung dieser Eigenschaften beschrieben und zahlenmäßige Ergebnisse in Tabellenform mitgeteilt. Ein weiteres Kapitel über die Radioaktivität beschäftigt sich mit den Produkten des radioaktiven Zerfalles und dringt bereits bis zum Gamow'schen Kernmodell vor. Dann kommt ein Blick in die Werkstatt des Kernforschers, der über die experimentellen Verfahren der Erzeugung und des Nachweises schneller Teilchen orientiert. Das umfangreichste Kapitel ist den künstlichen Kernumwandlungen gewidmet, dem Aufbau und Abbau von Atomkernen durch eingeschossene fremde Materieteilchen (Neutronen, Protonen, Deuteronen) und durch Strahlung. Im letzten Kapitel wird nochmal ein Überblick über den Aufbau, die Systematik der Atomkerne und die Theorien ihres Aufbaues gegeben.

Alles in allem eine gewaltige Stoffmenge, die auf den 188 Seiten des Bändchens verarbeitet ist; im allgemeinen auch gründlich und exakt dargestellt. Man glaube aber nicht, daß es sich wie ein Feuilleton liest. Der Verfasser ist zwar bestrebt, die dem Physiker geläufigen Begriffe auch dem Laien anschaulich zu machen und tut das — wo es den Text zu stark zerreißen würde — in einem „Fachlexikon" von 7 Seiten im Anhang. Immerhin wird der weniger geschulte Leser sich den Stoff an Hand des Büchleins mit einiger Mühe erarbeiten, oder, wenn ihm das nicht überall gelingt, über die eine oder andere Stelle hinweglesen müssen.

Auf alle Fälle muß man dem Verfasser für die Mühe danken, dem Außenstehenden diesen ebenso spröden wie interessanten Stoff nähergebracht und sich einer Aufgabe unterzogen zu haben, deren Lösung mindestens ebenso viel pädagogisches Geschick wie fachliches Wissen voraussetzt.

Rudolf Sewig.

EINGÄNGE.

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

Bücher.

Antennen. Ihre Theorie und Technik. Von Dr.-Ing. Hellmut Brückmann. Bd. 5 von „Physik und Technik der Gegenwart", herausgeg. von Prof. H. Faßbender. Mit 169 Abb. im Text, 2 Taf., IV u. 339 S. im Format 150×230 mm. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1939. Preis geh. 20,50 RM, geb. 22 RM.

Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Herausgeg. von der Geschäftsstelle des VDE. 22. Auflage nach dem Stande am 1. Januar 1939. Mit 1363 S. im Format A 5. ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis geb. 16,20 RM.

Les Petits Moteurs Electriques. Von Prof. R. Beyaert. Mit 172 Abb., VI u. 218 S. im Format B 5. Verlag H. Dunod, Paris 1939. Preis geh. 78 Fr., geb. 98 Fr.

Wasserkraftmaschinen. Eine Einführung in Wesen, Bau und Berechnung von Wasserkraftmaschinen und Wasserkraftanlagen. Von Dipl.-Ing. L. Quantz. 8. erweit. und verbess. Aufl. Mit 217 Abb., VI u. 152 S. im Format 155×235 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 6,60 RM.

Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik. Von Prof. Dr. L. Bergmann. 2. erweit. Aufl. Mit 225 Abb., XII u. 358 S. im Format A 5. VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin 1939. Preis geb. 25 RM.

Who invented the Telephone? Von W. Aitken. Mit 19 Abb., X u. 196 S. im Format 130×190 mm. Verlag Blackie and Son Ltd., London u. Glasgow 1939. Preis geb. 5 s.

Die Entwicklung und der Stand der Zugbeeinflussung bei der Deutschen Reichsbahn. Von Reichsbahnrat Krauskopf. (Handbücherei des „Bahn-Ingenieur" Heft 2.) Mit 283 Abb. u. 165 S. im Format A 4. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Berlin-Wien-Leipzig 1939. Preis kart. 6,40 RM.

VDI-Jahrbuch 1939. Die Chronik der Technik. Herausg. im Auftrag des Vereines deutscher Ingenieure von A. Leitner. Mit 306 S. im Format A5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis kart. 3,50 RM.

Einführung in die Chemie für Studierende technischer Berufe. Von Prof. Dr. Julius Meyer. Mit 13 Abb., VIII u. 248 S. im Format 155×225 mm. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1939. Preis geb. 7,80 RM.

Die Differentialgleichungen der Technik und Physik. 3. Aufl. des Lehrbuches „Die Differentialgleichungen des Ingenieurs" von Prof. Dr. W. Hort †. Bearb. von Dr. A. Thoma. Mit 329 Abb., XII u. 684 S. im Format 155×225 mm. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1939. Preis geb. 38 RM.

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Auflage. Herausg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft. System-Nummer 27: Magnesium. Teil B, Lfg. 4: Schluß der Verbindungen. Techn. Darstellung der Magnesiumverbindungen. Preis kart. 25 RM. — System-Nummer 68: Platin. Teil B, — Lfg. 1: Physikalische Eigenschaften des Metalls (bis Thermische Eigenschaften). Preis kart. 11 RM. Format 180×260 mm. Verlag Chemie, G. m. b. H., Berlin 1939.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. W. Estorff VDE, Berlin-Charlottenburg, Niebuhrstr. 61.
Dr.-Ing. W. Hessenbruch, Hanau a. M., Danziger Str. 4.
Dipl.-Ing. P. Jacottet VDE, Berlin-Spandau, Götelstr. 51.
Dipl.-Ing. J. Lorenz, Berlin-Altglienicke, Germanenstr. 64.
Prof. Dr.-Ing. E. Marx VDE, Braunschweig, Husarenstr. 43.
Dr.-Ing. W. Schirp VDE, Berlin-Lankwitz, Schneebergstr. 106.
Dr. B. Thierbach, Berlin W 62, Burggrafenstr. 7.

Abschluß des Heftes: 14. Juli 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang Berlin, 27. Juli 1939 Heft 30

Über ein Gleichrichtergerät mit belastungsunabhängiger Verbraucherspannung.

Von F. Harres VDE, Berlin.

DK 621.314.6

Übersicht. Es werden einige Netzanschlußgeräte beschrieben, bei denen die Verbraucherspannung nahezu unabhängig vom entnommenen Strom ist. Dies wird durch die Reihenschaltung einer Eisendrossel und eines Kondensators erreicht, die vor den Gleichrichter geschaltet wird und deren Spannungsabfall mit wachsendem Strom sinkt[1]).

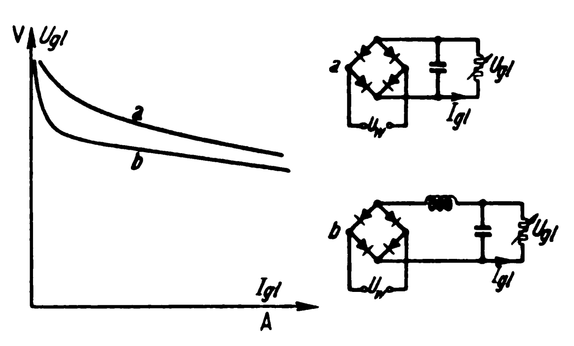
Die Geräte der Fernmelde-, Meß- und Verstärkertechnik werden heute in den meisten Fällen aus dem Netz gespeist. Bei Wechselstrom bedient man sich entweder des Trockengleichrichters oder der Gleichrichterröhre; die gleichgerichtete Spannung wird dem Verbraucher über ein Sieb zugeführt. Bei einfachen, ungeregelten Gleichrichtergeräten ändert sich die Verbraucherspannung sowohl bei Schwankungen der Netzspannung als auch bei Schwankungen des entnommenen Stromes. Häufig werden jedoch völlig unveränderliche Verbraucherspannungen gefordert, so daß besondere Regeleinrichtungen nötig werden.

Die Belastungsabhängigkeit.

Die Belastungskennlinie ist durch die Spannungsabfälle in Transformator, Gleichrichter und Siebdrossel bestimmt. Außerdem beeinflußt die Schaltung des Siebes und die Größe von Siebdrossel und Kondensator wesentlich ihren Verlauf. Abb. 1 zeigt zwei typische Belastungskennlinien für Vollweggleichrichtung. Für zwei verschiedene Siebschaltungen ist hier die Verbraucherspannung in Abhängigkeit vom entnommenen Strom dargestellt. Die Kurve *a* gilt für ein Sieb mit einem großen Anfangskondensator entsprechend der Schaltung *a*. Bei abgeschaltetem Verbraucher lädt sich der Siebkondensator auf den Höchstwert der zugeführten Wechselspannung auf. Mit wachsendem Strom nimmt die Spannung ab, wobei die Steilheit der Kennlinie allmählich mit wachsendem Strom etwas geringer wird. Die Kurve *b* stellt dagegen die Belastungskennlinie eines Gleichrichtergerätes mit Drosselkondensatorsieb dar. Auch hier lädt sich der Kondensator im Leerlauf auf den Höchstwert der angelegten Wechselpannung auf. Die Gleichspannung fällt aber mit zunehmendem Strom sehr rasch, und schon von kleinen Strömen ab läuft die Kennlinie geradlinig mit der Neigung weiter, die dem Spannungsabfall an Transformator, Gleichrichter und Sieb entspricht. Der Übergang vom flachen zum steilen Teil der Kennlinie, also die Aufladung des Kondensators auf einen Wert, der größer ist als der arithmetische Mittelwert der gleichgerichteten Sinuswelle, liegt bei um so größerem Strom, je kleiner die Induktivität ist. Folgt auf das erste noch ein zweites Siebglied, so hat es auf diese Vorgänge keinen wesentlichen Einfluß.

[1]) Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium der Siemens & Halske AG.

Für Verbraucher mit gleichbleibendem Stromverbrauch ist die Belastungsabhängigkeit ohne Bedeutung. Ändert sich aber im Betrieb der aufgenommene Strom, so muß die Gleichspannung meist innerhalb gewisser Grenzen unverändert bleiben. Bisweilen genügt es, durch



a Siebung durch Anfangskondensator *b* Siebung durch *L*-*C*-Sieb

Abb. 1. Belastungsabhängigkeit von Gleichrichterschaltungen.

Wahl eines Gleichrichtergerätes von höherer Leistung bei genügender Vorbelastung die erforderlichen Spannungsgrenzen zu halten. Häufig darf sich aber die Gleichspannung bei Belastungsschwankungen nur um wenige Prozent ändern. Versorgt man beispielsweise mehrere Verstärker, die wahlweise ab- und zugeschaltet werden, aus demselben Netzanschlußgerät, so werden Heiz- und Anodenspannung von der Zahl der angeschalteten Verstärker abhängig sein. Auch bei der Speisung von Relaisschaltungen und Telegraphengeräten würde sich die Ausgangsspannung eines einfachen Netzanschlußgerätes zu stark ändern. Durch Anschalten von Ersatzwiderständen beim Abschalten der Verbraucher hat man bisweilen diese Spannungsänderungen beseitigt. Dieser Ausweg ist nicht nur wegen des nutzlosen Stromverbrauches unwirtschaftlich, sondern auch wegen des Aufwandes an Belastungswiderständen und Schaltkontakten.

Regelschaltungen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Beseitigung des Einflusses der schwankenden Netzspannung und der schwankenden Belastung. Praktische Bedeutung erlangt haben Glimmlampen-Stabilisatoren, Kohledruckregler, gittergesteuerte gasgefüllte Gleichrichter und die im folgenden näher beschriebenen magnetischen Schaltungen. Diese letzteren nehmen eine gewisse Sonderstellung ein,

Digitized by Google

weil ihre Anwendung unbeschränkt ist, während die Glimmlampen und gittergesteuerte Gleichrichter nur für höhere Spannungen verwendbar sind und der Kohledruckregler nur für ortsfeste Anlagen verhältnismäßig großer Leistung wirtschaftlich ist. Außerdem haben die magnetischen Schaltungen den Vorzug, daß sie keine sich abnutzenden Teile enthalten.

Im allgemeinen wird bei den magnetischen Schaltungen die Ausregelung der beiden Einflüsse auf die Verbraucherspannung getrennt vorgenommen[2]). Zunächst werden die Netzspannungsschwankungen beseitigt, wofür sich der magnetische Spannungsgleichhalter[2]) bestens bewährt hat. In ähnlicher Weise wie bei dieser Schaltung wird dann zusätzlich die Belastungsabhängigkeit ausgeglichen.

Schaltet man vor den Gleichrichter einen Widerstand, dessen Spannungsabfall mit wachsendem Strom abnimmt, so kann man ihm eine mit dem Strom wachsende Spannung zuführen, so daß die Verbraucherspannung trotz der Laständerungen unverändert bleibt. Eine Drossel mit geschlossenem Eisenweg stellt, wie seit langem bekannt, einen von der Strombelastung abhängigen Scheinwiderstand dar, der auf verschiedenste Weise für Regelzwecke benutzt werden kann. Für die Reihenschaltung einer Eisendrossel L und eines Kondensators C zeigt Abb. 2 die

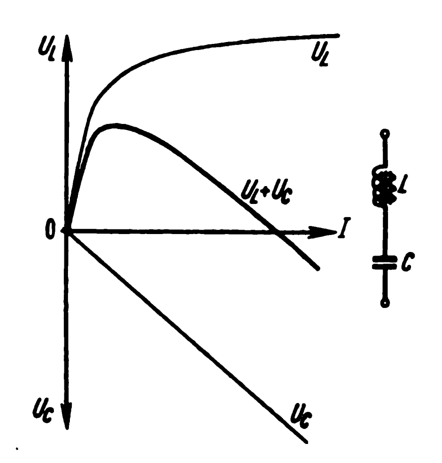


Abb. 2. Strom-Spannungs-Kennlinie der Reihenschaltung von Eisendrosseln und Kondensator.

Teilspannungen und die Gesamtspannung in Abhängigkeit von dem sie durchfließenden Strom. Während die Kondensatorspannung U_C geradlinig mit dem Strom ansteigt, zeigt die Spannung U_L an der Drossel infolge der Sättigung des Eisens einen der Magnetisierungskurve des Eisens ähnlichen Verlauf. Die Gesamtspannung der Reihenschaltung $U_L + U_C$, die sich aus der Summe beider Kurven ergibt, steigt zuerst mit wachsendem Strom, um nach einem Höchstwert bis zum Schnitt mit der I-Achse zu fallen. Sie steigt dann wieder anschließend im kapazitiven Bereich. Im fallenden Teil der Kennlinie, also zwischen dem Höchstwert und dem Übergang in das kapazitive Gebiet, stellt die Reihenschaltung somit einen Widerstand dar, mit dem sich die Belastungsabhängigkeit der Verbraucherspannung beseitigen läßt.

Der Ausgleich des im wesentlichen durch den ohmschen Widerstand von Transformator, Gleichrichter und Sieb gegebenen Spannungsabfalls geschieht somit durch einen Blindwiderstand. Würde dazu ebenfalls ein Wirkwiderstand benutzt, so müßte seine Kennlinie ebenso stark abfallen, wie die inneren Spannungsabfälle mit dem Strom ansteigen. Wird aber die Belastungsabhängigkeit durch einen Blindwiderstand mit fallender Kennlinie ausgeglichen, so muß die Regelkennlinie steiler fallen. Unter der freilich nur annäherungsweise zulässigen Annahme, daß der Gleichrichter eine ohmsche Belastung darstellt, sei die zur Regelung erforderliche Strom-Spannungs-Kennlinie an Hand des Vektorbildes (Abb. 3) hergeleitet. Es sei davon ausgegangen, daß die Spannung am Verbraucher U_V innerhalb eines gewissen Bereiches tatsächlich unabhängig vom Strom ist. Außerdem

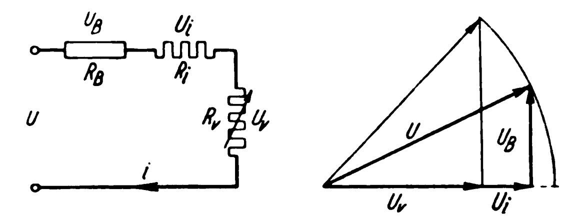


Abb. 3. Ausgleich der Belastungsabhängigkeit durch einen Blindwiderstand mit fallender Strom-Spannungs-Kennlinie.

sei die zugeführte Wechselspannung U unveränderlich. Der Strom I, dessen Richtung im Vektorbild waagerecht angenommen ist, durchfließt zunächst die Belastung R_V und erzeugt hierin den gleichbleibenden Spannungsabfall U_V, der in Phase mit dem Strom I ist. Am Widerstand R_i tritt entsprechend ein mit dem Strom wachsender Spannungsabfall U_i auf, der mit U_V in Phase ist. Senkrecht dazu steht der Spannungsabfall U_B im Blindwiderstand. Die Summe der drei Spannungen, die Gesamtspannung U, bleibt aber konstant. Hält man die Richtung des Stromes im Vektorbild fest und ändert seine Größe, so muß sich der Endpunkt der Spannung am Blindwiderstand U_B auf dem Kreisbogen bewegen, der sich mit der Gesamtspannung U als Halbmesser um den Anfangspunkt von U_V schlagen läßt. Dieser Kreisbogen gibt an, wie U_B in Abhängigkeit von U_i verlaufen muß. Bei gleichbleibendem Innenwiderstand R_i ergibt sich daraus die Strom-Spannungs-Kennlinie des zum Ausgleich der Belastungsabhängigkeit eingeschalteten Blindwiderstandes.

Das Diagramm zeigt, daß die Schaltung nur bis zu einem Höchstwert des Stromes regelt, d. h. bis zu dem Wert, bei dem die Spannung U_B am Blindwiderstand Null wird. Benötigt man einen weiteren Regelbereich, so muß man den Halbmesser des Kreises vergrößern, d. h. die Gesamtspannung U und die Spannung am Blindwiderstand U_B erhöhen. Ein Vergleich der geforderten Regelkennlinie mit der durch die Reihenschaltung von eisengeschlossener Drossel und Kondensator erreichten zeigt,

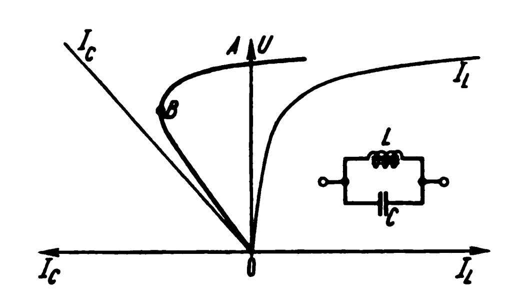


Abb. 4. Strom-Spannungs-Kennlinie der Parallelschaltung von Eisendrossel und Kondensator.

daß die Gleichspannung erst oberhalb desjenigen Verbraucherstromes belastungsunabhängig sein kann, der dem Höchstwert der in Abb. 2 abgeleiteten Regelkennlinie entspricht. Der Anstieg der Spannung bei kleinem Verbraucherstrom kann durch Anschalten einer Vorbelastung von 12 bis 15 % der Nutzlast vermieden werden.

Ähnliche Regelkennlinien lassen sich auch durch andere Schaltungen erzielen. Die Parallelschaltung von Eisendrossel und Kondensator weist ebenfalls innerhalb eines bestimmten Bereiches eine fallende Strom-Spannungs-Kennlinie auf. Sie ist in Abb. 4 zusammen mit den Strom-

[2]) Siehe W. Kafka, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 106.

Digitized by Google

Spannungs-Kennlinien von Drossel und Kondensator aufgezeichnet. Aus der Summe der Ströme I_L und I_C bei gleicher Spannung ergibt sich die Kennlinie des Parallelkreises. Im Gebiet AB hat sie einen fallenden Verlauf. Diese Schaltung wird für elektrische Ladegeräte oft verwendet[3]). Sie ist aber zum Ausgleich der Belastungsabhängigkeit von Gleichrichtergeräten nicht geeignet. Da im kapazitiven Gebiet zu einem Strom zwei Spannungen gehören, hängt es beim Einschalten vom Zufall ab, ob man sich auf dem fallenden Stück der Kennlinie befindet. Arbeitet man aber im unteren Teil OB, dann liegt nur ein geringer Blindwiderstand zwischen Wechselspannung und Gleichrichter, so daß eine größere, mit wachsendem Strom aber abnehmende Spannung am Gleichrichter herrscht. Erst eine Belastung bis zum Kippunkt B läßt den Arbeitspunkt in den oberen Ast der Kurve springen, wobei sich der Strom verringert. Die Spannung am Blindwiderstand ist dabei größer geworden, sie sinkt jetzt mit wachsendem Strom.

Ein weiteres Mittel zum Ausgleich der Belastungsabhängigkeit entsprechend der oben abgeleiteten Regelkennlinie besteht in der Anwendung von vormagnetisierten Drosseln. Nimmt man die Strom-Spannungs-Kennlinie einer Eisendrossel bei Gleich- und Wechselstromdurchflutung auf, so erhält man für verschiedene Verhältnisse von Wechselstrommagnetisierung Θ_W zu Gleichstrommagnetisierung Θ_{Gl} eine Kurvenschar, aus der in Abb. 5 einige Kurven (a bis d) dargestellt sind. Sorgt man dafür, daß die Wechselstromdurchflutung aus einem konstanten und einem proportional mit der Gleichstromdurchflutung wachsenden Anteil besteht, so kann man die eingezeichnete Kennlinie e erhalten. Sie hat innerhalb eines gewissen Bereiches den oben geforderten Verlauf[4]). Zur Vermeidung der transformatorischen Einwirkung des Wechselstromes auf den Gleichstromkreis werden mit Vorteil zwei Drosseln verwendet, die wechselstrom- oder gleichstromseitig gegeneinandergeschaltet werden. Abb. 5

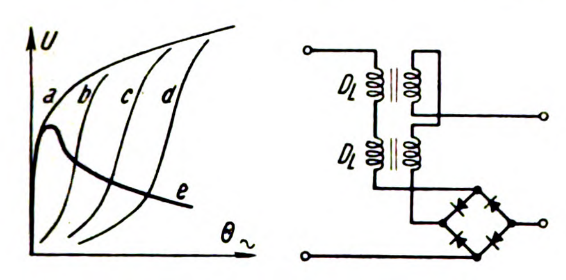


Abb. 5. Ausgleich der Belastungsabhängigkeit durch vormagnetisierte Drosselspulen.

zeigt die Schaltung eines geregelten Gerätes mit zwei vormagnetisierten Drosselspulen. In den Wechselstromwicklungen der beiden Lastausgleichdrosseln D_L fließt außer dem Wechselstrom des Gleichrichters noch der Strom der Querdrossel D_Q, die in der praktischen Ausführung durch einen Transformator mit entsprechendem Leerlaufstrom dargestellt wird.

Ausgeführte Geräte.

Mit der Reihenschaltung von Eisendrossel und Kondensator wurde bereits eine Anzahl von Geräten für verschiedene Zwecke entwickelt. Grundsätzlich ist die Schaltung bei allen Strömen und Spannungen anwendbar. Für Geräte mit kleiner Spannung — also z. B. für die Heizung von Verstärkern und die Speisung von Relaisschaltungen — würde man jedoch bei der einfachsten Schaltung nach Abb. 3 einen Regelkondensator von einigen 100 bis 1000 µF bei entsprechend kleiner Wechselspannung benötigen. Diese Schwierigkeit ist leicht zu umgehen, indem man die Regelschaltung nicht unmittelbar vor den Gleichrichter schaltet, sondern vor den Transformator, der auf die dem Gleichrichter zugeführte Wechselspan-

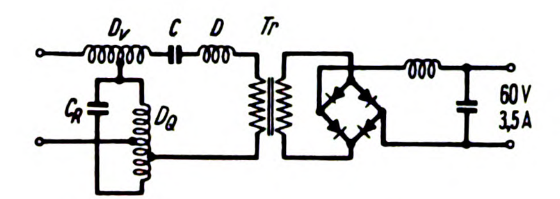


Abb. 6. Schaltung eines Telegraphen-Gleichrichters.

nung herabtransformiert. Abb. 6 zeigt die Schaltung eines solchen Gerätes für die Speisung von Fernschreibzentralen. Schwankungen der Netzspannung werden durch einen magnetischen Spannungsgleichhalter ausgeregelt. Dieser besteht aus der Querdrossel D_Q, welche dem Regelkondensator C_R parallelgeschaltet ist, und der Vordrossel D_V. Die Ausgangsspannung wird über die Reihenschaltung der Eisendrossel D mit dem Kondensator C dem Transformator Tr zugeführt, dessen zweite Wicklung den Gleichrichter speist.

Abb. 7. Vorderansicht des Telegraphen-Gleichrichters.

Abb. 7 zeigt die fertige Anlage, die aus drei gleichen Sätzen von dieser Schaltung besteht. Die Belastungskennlinie für die mittlere Netzspannung (220 V) ist aus Abb. 8 zu ersehen. Bei einer Vorbelastung von 12 % der Höchstlast schwankt die Verbraucherspannung nur um ± 0,5 %, wenn sich der Strom zwischen 0,2 A und 3,5 A ändert. Bei gleichzeitiger Änderung des Stromes in denselben Grenzen und Schwankungen der Netzspannung zwischen 200 V und 250 V beträgt die gesamte Änderung höchstens ± 2 %.

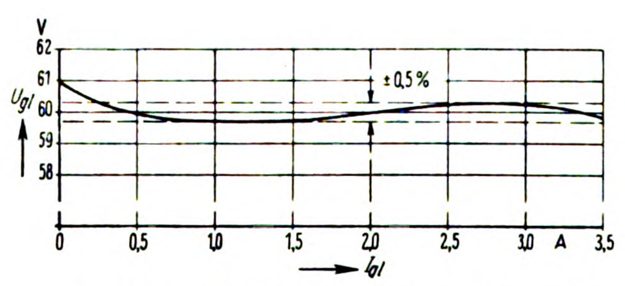


Abb. 8. Belastungskennlinie des Gleichrichters der Abb. 6 und 7.

Bei etwas größerem Aufwand ist es möglich, die Genauigkeit noch zu steigern. Es können bei geringerer Ausnutzung der Teile Geräte gebaut werden, deren Ver-

[3]) H. Böhm, ETZ 54 (1933) S. 1037, ETZ 56 (1935) S. 1117, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 117.
[4]) K. Maier, ETZ 55 (1934) S. 1026.

Digitized by Google

braucherspannung bei Netzspannungs- und Belastungsänderungen um höchstens ± 1,5 % vom Sollwert abweicht.

Es seien noch kurz einige Angaben über die elektrischen Eigenschaften der Geräte gemacht:

Frequenzabhängigkeit.

Da Schaltungen mit Blindwiderständen naturgemäß frequenzabhängig sind, ist die Frage nach der Frequenzabhängigkeit eines lastgeregelten Gerätes von Bedeutung. Bei Verwendung eines Spannungsgleichhalters ergibt sich jedoch gegenüber dem Gerät ohne Lastausgleich keine Erhöhung der Frequenzabhängigkeit; in beiden Fällen beträgt die Spannungserhöhung etwa 1,5 % je 1 % Frequenzerhöhung.

Temperaturabhängigkeit.

Im allgemeinen ändert sich die Verbraucherspannung von Stromversorgungsgeräten nach dem Einschalten, bis ein Endwert nach einer durch die Größe der Teile und ihre Temperaturerhöhung bestimmten Zeit erreicht ist. So nimmt die Gleichspannung bei Geräten mit Trockengleichrichtern in den ersten 10 min nach dem Einschalten um etwa 2 bis 3 % zu. Danach ändert sie sich nur noch um weniger als 0,5 %. Glasgleichrichter zeigen dieselbe Erscheinung in geringerem Maße. Meist ist die Anwärmezeit nicht größer als die Zeit, die zum Einbrennen der Verstärkerröhren nötig ist.

Wirkungsgrad.

Da der magnetische Lastausgleich auf der Stromabhängigkeit eines vor den Gleichrichter geschalteten Blindwiderstandes beruht, verursacht er wenig zusätzliche Verluste. Beispielsweise beträgt der Wirkungsgrad bei einem ausgeführten Gerät von 240 W Gleichstromleistung mit magnetischem Spannungsgleichhalter und Lastausgleich 49 %. Ohne Lastausgleich steigt der Wirkungsgrad auf 51 % an, während er ohne Spannungsgleichhalter 60,5 % beträgt.

Regelzeit.

Bisweilen ist auch die Zeit wichtig, die verstreicht, bis sich nach einer plötzlichen Änderung der Belastung wieder die richtige Spannung einstellt. Schon bei einfachen Gleichrichtergeräten löst eine plötzliche Laständerung erst einen dem Sieb entsprechenden Einschwingvorgang aus[5]), nach dessen Abklingen sich die neue Verbraucherspannung einstellt. Auch bei Geräten mit magnetischem Lastausgleich treten diese Einschwingvorgänge auf, deren Verlauf durch die Art der Belastung und die Glättungseinrichtung bestimmt ist. Bei starken Lastschwankungen beträgt die Regelzeit 0,2 bis 0,4 s.

Zusammenfassung.

Die Verbraucherspannung einfacher Gleichrichtergeräte ist von der Netzspannung und der Belastung abhängig. Die Schwankungen der Netzspannung werden durch den magnetischen Spannungsgleichhalter ausgeglichen. Um auch die Spannungsschwankungen auszugleichen, die bei Belastungsänderung durch die Spannungsabfälle vor allem in Gleichrichter und Sieb auftreten, wird eine Reihenschaltung von einer eisengeschlossenen Drossel mit einem Kondensator vor den Gleichrichter geschaltet. In ihr tritt ein mit wachsendem Strom abnehmender Spannungsabfall auf, der bewirkt, daß die dem Gleichrichter zugeführte Wechselspannung mit dem Strom zunimmt. Es wird erwähnt, daß es grundsätzlich noch zwei weitere Schaltungen mit fallenden Strom-Spannungs-Kennlinien gibt, die z. T. auch schon in elektrischen Ladegeräten verwendet worden sind. Mit verhältnismäßig einfachen Mitteln gelingt es, Gleichrichter zu bauen, deren Verbraucherspannung bei Belastungsänderung zwischen Leerlauf und Vollast und Änderung der Netzspannung sich um höchstens ± 1,5 bis 2 % ändert. Zum Schluß werden nähere Angaben über die elektrischen Eigenschaften der Geräte gemacht.

[5]) W. Ostendorf, ETZ 59 (1938) S. 1173.

Der unmittelbare Blitzschlag bei Hochspannungs-Freileitungen und Erfahrungen mit Wünschelrutenuntersuchungen.

Von Walter Baumeister, Bamberg.

DK 621.315.17.027.3 : 551.594.221 : 550.87

Übersicht. Verfasser geht davon aus, daß nur ganz bestimmte Schäden an Hochspannungs-Freileitungen mit Sicherheit auf den unmittelbaren Blitzschlag schließen lassen, und kommt zu der Feststellung, daß an den Orten dieser Schäden sich ausnahmslos Wünschelrutenausschläge zeigen. Hierauf aufbauend berichtet der Verfasser über die praktische Auswertung dieser Beobachtung mit dem Ergebnis, daß im Gegensatz zu dem bisher eindeutigen Begriff der Erdung grundsätzlich zwischen Blitz- und Berührungsschutzerdung unterschieden werden muß, die nach Verlegung und Messung verschieden zu behandeln sind. Der Wünschelrutenausschlag zeigt Änderungen des luftelektrischen Feldes an, und der Gebrauch der Rute wird als ausschließlich abhängig von der labilen Haltung derselben und daher als von jedermann erlernbar bezeichnet.

In dieser Zeitschrift macht Herr Volker Fritsch[1]), Brünn, darauf aufmerksam, daß ein Zusammenhang zwischen Blitzeinschlagstellen und Wünschelrutenreaktionen zu bestehen scheint. Verfasser kann über praktische Erfolge in bewußter Anwendung der gleichen Annahme mit nunmehr siebenjähriger Erfahrung auf dem besonderen Gebiet des Hochspannungs-Freileitungsschutzes gegen den unmittelbaren Blitzeinschlag berichten. Zahlreiche Gewitterstörungen im 15 kV-Netz der Überlandwerk Oberfranken AG. Bamberg zwangen in den Jahren 1928 bis 1931 dazu, sich mit dem sogenannten unmittelbaren Blitzschlag eingehend zu befassen. Hierbei wurde zunächst untersucht, welche Art von Leitungsschäden eindeutig auf den unmittelbaren Blitzschlag schließen lassen. Es ergab sich, daß hierfür ausschließlich die Holzmastsplitterung und außerdem der Seilbruch im Spannfeld ohne gleichzeitigen Isolatorenschaden in Frage kommen. Denn die Holzmastsplitterung läßt sich mit Betriebsüberschlägen und Strömen überhaupt nicht herbeiführen, und jeder Isolationsschaden kann auch durch mittelbare Blitzeinwirkungen verursacht sein. Die bekannte Tatsache, daß verschiedene Hochspannungsleitungen mit der gleichen Erdseilanordnung sich bei Blitzschlägen grundsätzlich verschieden verhalten können, und daß anderseits bei ein und derselben Leitung in den ein-

[1]) Volker Fritsch, ETZ 59 (1938) S. 1397.

Digitized by Google

zelnen Betriebsjahren wiederum große Unterschiede in der Störanfälligkeit zu beobachten sind, ferner die weitere Tatsache, daß der Seilbruch durch Blitzschlag bei der Starkstrom-Niederspannungsleitung unbekannt ist, daß er aber bei der Fernsprech-Freileitung wieder auftritt, und endlich die Ablehnung der Theorie des rückwärtigen Überschlags führten schließlich zu der Überzeugung, daß es ganz bestimmte Punkte oder Zonen im Gelände geben müsse, die vom Blitz als Einschlagstelle anderen Geländeteilen gegenüber bevorzugt würden. Ausschlaggebend für das Entstehen dieser Annahme war z. B. die Beobachtung, daß in einem Drehstrom-Vierleiter-Ortsnetz mit einer Betriebsspannung von 380/220 V und mehrfach geerdetem Nulleiter von wenigen Ohm Erdungswiderstand durch Blitzschlag ein Holzmast zersplittert wurde, trotzdem der Nulleiter in unmittelbarer Nähe des Mastkopfes verlegt war, oder daß in einem anderen Ortsnetz der Verputz des Schornsteins eines Wohnhauses vom Dachboden bis zum Keller durch Blitzschlag aufgesprengt wurde, trotzdem sich in nächster Nähe neben dem Schornstein ein Dachständer des Starkstrom-Ortsnetzes mit Nullleiter und dessen „guter Erde“ befanden.

Es kam hinzu, daß der durch Blitzschlag hervorgerufene Seilbruch der Hochspannungs-Freileitung im Spannfeld ohne gleichzeitigen Isolatoren- usw. Schaden aus verschiedenen Gründen nicht als unmittelbarer Blitzschlag in die Leitung, sondern als mittelbare Folge eines in nächster Nähe an der Leitung vorbei oder gar zwischen dieser hindurch in eine der vorstehend als bevorzugt bezeichneten Bodenstellen niedergehenden Blitzes aufgefaßt wurde. Die unmittelbare Ursache für den Überschlag auf der Freileitung wurde hierbei weniger in der induzierten Überspannung gesehen, denn diese müßte notwendig auch am nächsten Isolator zum Überschlag führen, wie vielmehr in der in nächster Umgebung des Blitzkanals zweifelsfrei vorhandenen hochgradigen Erhitzung der Luft und damit Verdünnung derselben[2]). Der Überschlag im Spannfeld durch den „unmittelbaren“ Blitzschlag mußte also im Grenzfall auch ohne induzierte Überspannung allein schon unter dem Einfluß der Betriebsspannung eintreten, ganz einfach weil das Isoliermittel Luft infolge weitgehender Verdünnung in seiner Isolierfähigkeit stark herabgesetzt war. Dies gilt selbstverständlich auch in verstärktem Maße für die Aufhängepunkte der Leitung, da dort die Überschlagsbedingungen von Haus aus günstiger sind wie im Spannfeld. Unterstellt man die Richtigkeit dieser Überlegung, so ist es klar, daß eine Beseitigung dieser Folgen des „unmittelbaren“ Blitzschlags durch keinerlei Überspannungsableiter erreicht werden kann; man mußte vielmehr die Beendigung des Blitzdurchgangs durch Luft oberhalb der Leitung erzwingen, um zu verhindern, daß die Leitung während des Blitzschlags in den Bereich der verdünnten Luft geriet. Wenn es aber ferner richtig war, daß einzelne Bodenstellen als Blitzeinschlagstellen bevorzugt wurden, so konnte der angestrebte Erfolg nur erreicht werden, indem man solche in der Nähe der Leitung etwa vorhandene Bodenstellen metallisch leitend mit dem oberhalb der Leitung verlegten Blitzseil verband und auf diese Weise die Einschlagstelle des Blitzes vom Erdboden in das Blitzseil verlegte. Es galt also solche Bodenstellen zu finden.

Die übliche Bestimmung eines möglichst günstigen Erd-Übergangswiderstandes mußte in logischer Auswertung der eingangs erwähnten Beobachtungen von Blitzeinschlägen in hochohmige Holzmaste trotz nächster Nähe von niedrigohmigen Nulleitern als unbrauchbar für diesen Zweck ausscheiden. Die Erdungsmessung mußte auch schon aus dem Grunde verworfen werden, weil diese in der Hauptsache die Widerstandsverhältnisse des Erdbodens in horizontaler Richtung erfaßt, während für den Blitzschlag mit sehr großer Wahrscheinlichkeit die Widerstandsverhältnisse des Erdbodens in vertikaler Richtung ausschlaggebend sein müssen. Von diesem Gesichtspunkt aus zweckmäßige und für den täglichen Gebrauch leicht anwendbare Meßverfahren waren aber nicht bekannt. Es wurde daher zunächst einmal auf gut Glück versucht, durch Verlegung von drei Erdungen je Kilometer Hochspannungsleitung Wandel zu schaffen. Der Erfolg war auch hier wieder durchaus unbefriedigend. Es kam dann im Zusammenhang mit Überlegungen, die hier zu weit führen würden, der Gedanke auf, daß der Blitzschlag kein urplötzlich und nur befristet auftretender Vorgang, sondern lediglich die vielfache Verdichtung eines dauernd nur in viel schwächerer Form bestehenden Strömungszustandes sein könnte. Unter dieser Umständen mußte die bekannte Tatsache auffallen, daß im allgemeinen auch der Wünschelrutengänger in seinen Feststellungen weder von der Tages- oder Nachtzeit noch von der Jahreszeit abhängig ist. Es war naheliegend, einen zunächst nur vermuteten Zusammenhang einmal durch den praktischen Einsatz des Wünschelrutengängers rein versuchsmäßig nachzuprüfen. Das Ergebnis war verblüffend. An jeder der eingangs als eindeutig auf den unmittelbaren Blitzschlag hinweisend gekennzeichneten Schadensstellen der Hochspannungsleitungen wurden ohne jegliche Ausnahme Wünschelrutenausschläge festgestellt. In Fortsetzung des Versuchs wurden daraufhin an den von den Wünschelrutenausschlägen bestimmten Bodenstellen, gleichgültig ob am Mast oder im Spannfeld, Erdungen verlegt und, um die Versuchsbedingungen möglichst rein zu halten, die früher schon verlegten anderen Erdungen entfernt. Es ergab sich, daß auf der allerdings nur wenige Kilometer betragenden, aber äußerst blitzanfälligen Versuchsstrecke trotz schwerer nachfolgender Gewitter keine Schäden durch direkten Blitzschlag mehr auftraten. Durch diesen Erfolg ermutigt, wurden dann nachfolgend bis heute rund 100 Kilometer 15 kV-Hochspannungsleitung vorwiegend in der näheren Umgebung Bambergs, die stark unter Blitzschäden zu leiden hatten, mit der Wünschelrute untersucht und entsprechend den Ergebnissen mit neuen Erdungen versehen. Der Erfolg war überall der gleiche, so daß heute bei der Überlandwerk Oberfranken AG. planmäßig die Wünschelrute für die Verlegung von Blitzerdungen angewendet wird. Hierbei wird wie folgt vorgegangen:

a. bei bestehenden Leitungen ohne Blitzseil: Zeigt hier die Erfahrung, daß häufiger Gewitterstörungen vorkommen, und besteht der begründete Verdacht, daß es sich hierbei vorwiegend um den sogenannten direkten Blitzschlag handelt, so wird die Leitung in ihrer Gesamtlänge mit der Wünschelrute abgegangen, und die festgestellten Ausschläge werden nach Lage und Richtung in das jeweilige Katasterblatt der Leitung eingetragen. Es zeigt sich dann sehr schnell und augenscheinlich, welche Strecken blitzgefährdet sind, und diese werden dann mit Blitzseil versehen, dessen Erdungen wiederum in die Zonen des Wünschelrutenausschlags verlegt werden.

b. bei bestehenden Leistungen mit Blitzseil: Hier ist das Verfahren sinnentsprechend wie unter a.

c. bei Neubau von Hochspannungsfernleitungen: Bei Neubau wird die Leitungstrasse ohne jegliche Rücksicht auf etwaige Blitzverhältnisse lediglich nach der zweckmäßigsten Linienführung bestimmt. Die festliegende Trasse wird dann mit der Wünschelrute untersucht und nach dem Ergebnis dieser Untersuchungen entschieden, ob die neu zu bauende Leitung Blitzseil erhält oder nicht.

Es bedarf keiner besonderen Betonung, daß die dabei angewendete Art der Erdungsverlegung auf Grund ganz bestimmter Vorstellungen von den Vorgängen wäh-

---

[2]) Letztere muß nämlich angenommen werden, da einmal die grelle Lichterscheinung und die Brandwirkung des Blitzes auf sehr hohe Temperaturen längs der Blitzbahn schließen lassen und die hierbei auftretende Erhitzung der umgebenden Luft notwendig zu einer weitgehenden Expansion und damit Verdünnung derselben führen muß. Diese Annahme wird ja auch durch die bekannte Erklärung des Donners als Folge des Zusammenpralls vorher durch den Blitz getrennt gewesener Luftmassen bestätigt.

Digitized by Google

rend und insbesondere vor dem Zustandekommen eines Blitzschlags entstanden ist. Wenn nun der praktische Erfolg und die Nachprüfung dieses Erfolges während einer Beobachtungszeit von nunmehr sieben Jahren eine Veröffentlichung der gemachten Erfahrungen für angebracht erscheinen lassen, so mögen auch die den durchgeführten Maßnahmen zugrunde liegenden Überlegungen hier kurz niedergelegt werden, nicht als Theorie mit Anspruch auf wissenschaftliche Geltung, sondern als begriffsbildendes Hilfsmittel für die praktische Anwendung des unter a bis c beschriebenen Verfahrens.

Die nach Kenntnis des Verfassers dieses von Herrn W. Lehmann[3]) erstmalig gezeigte Tatsache, daß über sogenannten „Wasseradern" Störungen des luftelektrischen Feldes, der Leitfähigkeit der Luft, der Äquipotentiallinien usw. nachweisbar sind, führte zu der Überlegung, die am besten an Hand einer gezeichneten

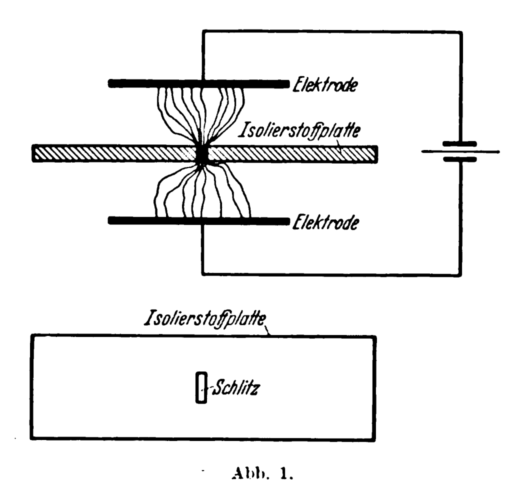


Abb. 1.

Versuchsanordnung (Abb. 1) veranschaulicht werden dürfte. Zwischen zwei Plattenelektroden, beiderseits oder einseitig durch eine Luftschicht von dieser getrennt, befindet sich eine Isolierstoffplatte, in die ein schmaler Schlitz eingesägt ist. Legt man nun an die beiden Elektroden eine Spannungsquelle mit zunächst mäßiger Spannungshöhe an, so wird sich ein luftelektrisches Feld ausbilden, dessen Stromfäden sich, wie in der Zeichnung angedeutet, an dem in die Isolierstoffplatte eingesägten Schlitz einschnüren werden. Dementsprechend wird es auch bei anschließend erfolgender und genügend weit getriebener Spannungserhöhung eben durch diesen Schlitz und nicht etwa an einer anderen Stelle der Isolierstoffplatte zum Durchschlag kommen. Dieser Vorgang ist längst bekannt und durchaus nichts Neues. Neu dürfte höchstens die daraus zu ziehende praktische Nutzanwendung sein, daß es für den Vorgang an sich durchaus gleichgültig ist, ob sich in dem in der Isolierstoffplatte befindlichen Spalt Luft, Wasser oder gar Metall befindet. Alle drei in ihrem elektrischen Leitvermögen zu grundverschiedenen Stoffe sind für diesen einen bestimmten Fall gleich gute „Leiter", und alle drei bedingen praktisch die gleiche Feldänderung und die gleichen Voraussetzungen für den Durchschlag. Maßgebend für den Durchschlag an dieser Stelle allein kann nur sein, daß der den Schlitz ausfüllende Stoff ein verhältnismäßig besseres Leitvermögen als das der Platte hat. Baut man nun den Versuch weiter aus, indem man auf der Isolierstoffplatte senkrecht zu dem Schlitz und über denselben hinweg verlaufend ein Freileitungsgestänge im Modell errichtet, und zwar so, daß der Schlitz sich ungefähr in der Mitte zwischen zwei Masten befindet, so wird der Durchschlag immer wieder durch den Schlitz erfolgen, ohne sich von dem Belag der Freileitung in irgendeiner Weise beeinflussen zu lassen, auch wenn dieselbe von einer fremden Stromquelle unter Spannung gehalten wird. Andererseits wird aber der Durchschlag sofort ein auf der Freileitung verlegtes Erdseil als willkommenen Leiter benutzen von dem Augenblick an, von dem an der Schlitz mit einem Metallstreifen abgedeckt und dieser wiederum durch einen auf der Isolierstoffplatte bis zum nächsten Mast verlegten und an diesem hochgeführten Metalldraht mit dem Erdseil in besser wie Luft leitende Verbindung gebracht wird. Ebenso wird auch ein Mast der Modellfreileitung, gleichgültig ob aus Holz oder Eisen, ob mit oder ohne Erdseil, als Durchschlagsweg benutzt werden, vorausgesetzt nur, daß derselbe in Abwandlung des Versuchs nicht mehr in einiger Entfernung von dem Schlitz, sondern unmittelbar auf demselben aufgestellt wird. Endlich läßt sich auch die gleiche Versuchsanordnung bei wechselndem Elektrodenabstand zur zunächst rein empirischen Bestimmung des „Schutzraumes" eines Blitzableiters benutzen.

In Auswertung dieser Überlegungen für die Verhinderung des „unmittelbaren" Blitzschlages bei Hochspannungs-Freileitungen wäre also das aus der Geophysik bekannte Vorkommen von guten und schlechten Leitern im Erdboden um die Feststellung zu erweitern, daß auch die einen Spalt in sonst massivem Gestein ausfüllende Luft für den Blitzschlag sehr wohl ein „guter" Leiter sein kann. Lassen sich über dem Spalt wesentliche Veränderungen des elektrischen Feldes oder der Leitfähigkeit der Luft gegenüber der Umgebung feststellen, so liegt tatsächlich ein solcher „guter Leiter" vor. Ergibt die Messung aber keine Unterschiede gegenüber der Umgebung, so wird ein Blitzschlag nicht erfolgen. Hieraus ergibt sich mit zwingender Notwendigkeit die schon eingangs erwähnte Schlußfolgerung, daß die bisher übliche Widerstandsmessung ausschließlich für die Berührungsschutzerde im Sinne der VDE-Vorschriften anwendbar ist, während für die Blitzerde grundsätzlich andere Verhältnisse gelten und dementsprechend auch für ihre Bestimmung Luft-Feldstärke bzw. Leitfähigkeitsmessungen oder als robustes, grobes Mittel der Wünschelrutenausschlag zu verwenden sind.

Für den praktischen Gebrauch der Wünschelrute zur Bestimmung einer Blitzerde gilt nun, daß es sich bei den sogenannten Reaktionsstellen niemals um einzelne Punkte, sondern immer um Streifen mit einer ganz bestimmten Richtung handelt. Bei nüchterner Handhabung der Rute und senkrechtem Durchschreiten dieser Streifenrichtung läßt sich auch einwandfrei ein Höchstwert der „Reaktion" in der Mitte des Streifens feststellen. Im Sinne des vorstehend besprochenen Modellversuchs ist demnach ohne Rücksicht auf etwaiges Wasservorkommen oder ähnliches dieser „Schlitz in der Isolierstoffplatte" mit einem Metallstreifen, also praktisch mit dem üblichen Erdungsbandeisen, abzudecken. Man bestimmt also zunächst Lage und Verlauf der Feldänderung durch mehrmaliges Überschreiten des „Reaktionsstreifens" an verschiedenen voneinander entfernten Stellen, verlegt dann längs der Mitte dieses Streifens das Bandeisen, führt es zum nächsten Mast und bei Holzmasten an diesem hoch bis zum Blitzseil. Bei Eisenmasten genügt es dagegen, das Bandeisen in der üblichen Weise unten an den Mast anzuschließen. Die Länge des in der Mitte der Feldänderungszone zu verlegenden Bandeisens scheint nach den vorliegenden Erfahrungen mit 6 m vollkommen ausreichend bemessen zu sein. Sinnentsprechend ergibt sich daher eine Verlegungsart von je 3 m Bandeisen rechts und links der Leitung bei Verlauf der Feldänderungszone quer zur Leitung (Abb. 2 a) und von 6 m Bandeisen zunächst einem Mast bei Verlauf der Feldänderungszone parallel zur Leitung (Abb. 2 b). Die Tiefe der Verlegung des Bandeisens ist für seine Wirkung als Blitzerde ohne jede Bedeutung und richtet sich lediglich nach den örtlichen Bodenverhältnissen. Bei der praktischen Anwendung dieses Verfahrens wird man nun sehr häufig fest-

[3]) W. Lehmann, Diss. T. H. Dresden 1932.

Digitized by Google

stellen, daß bei quer zur Leitung verlaufenden Feldänderungszonen nicht nur eine, sondern mehrere solcher Zonen innerhalb eines Spannfeldes der Leitung vorhanden sind. Man steht dann also vor der Frage, welche dieser Zonen am zweckmäßigsten für die Verlegung der Blitzerde zu benutzen sei. Im Sinne vorstehender Ausführungen besteht nun kein Zweifel, daß die Zone stärkster Feldänderung auch am stärksten einschlaggefährdet und daher auch am besten geeignet für die Verlegung der Blitzerde sein muß. Diese Voraussetzung trifft eindeutig zu nur für den Kreuzungsbereich zweier sich überschneidender Feldänderungszonen. Im übrigen ist eine Unterscheidung der einzelnen Feldänderungszonen nach ihrer Stärke mit der Wünschelrute aber nur bei groben Unterschieden möglich. Dieser Mangel scheint jedoch nach den vorliegenden Erfahrungen praktisch keine Bedeutung zu haben. Man wird daher unter mehreren gleich stark erscheinenden Zonen die zur Verlegung der Blitzerde wählen, die nach den gegebenen örtlichen Verhältnissen (Nähe des nächsten Mastes usw.) am günstigsten erscheint. Verteilen sich dagegen die Feldänderungszonen einzeln über mehrere Spannfelder, so entsteht die weitere Frage, wie weit die Wirksamkeit, also die „Schutzlänge", einer verlegten Blitzerde reicht und wo die nächste Blitzerde verlegt werden muß. Die Frage allgemeingültig und zahlenmäßig zu beantworten, ist nicht gut möglich, da Zahl, Lage und Stärke der einzelnen Feldänderungszonen entscheidend für die im praktischen Fall einschlägigen Verhältnisse sind. Nach Erfahrung des Verfassers scheint aber auch bei gehäuft auftretenden Feldänderungszonen großer Stärke („Blitznester") ein kleinerer Abstand der Blitzerden untereinander wie 500 m nicht notwendig zu sein. Planmäßige Untersuchungen hierüber am Modell liegen mangels Zeit und Gelegenheit bisher nicht vor.

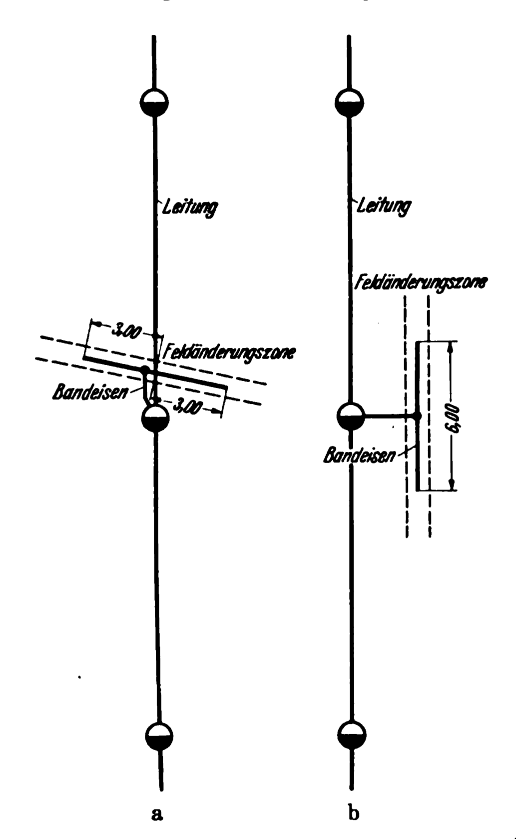


Abb. 2. Verlegungsart von Bandeisen bei Verlauf der Feldänderungszone (a) quer zur Leitung, (b) parallel zur Leitung.

In diesem Zusammenhang mag auch noch ein Wort zum Wünschelrutenproblem an sich gesagt sein. Betrachtet man nämlich mit den Augen des Elektrikers den Wünschelrutengänger während seiner Tätigkeit, so ist ohne Zweifel durch die Wünschelrute, die beiden Arme und den Körper des Rutengängers eine im wesentlichen waagerecht liegende Leiterschleife gegeben, die bei waagerechter Bewegung durch ein senkrecht verlaufendes Feld von diesem induziert und daher von wenn auch ganz schwachen Strömen durchflossen werden wird. Oder aber wenn man, wie eingangs erwähnt, das Bestehen ganz geringer senkrecht zur Erdoberfläche über Luft verlaufender Ströme annimmt, so wird über die Wünschelrute, Arme und Körper des Rutengängers eine wenn auch noch so geringe Ableitung dieser Ströme gegen Erde stattfinden. Das würde bedeuten, daß im ersteren Falle nach bekannten Gesetzen eine direkt wirkende ablenkende Kraft auf die Wünschelrute als den beweglichen Teil der Stromschleife auftreten und im zweiten Fall eine rein biologische durch Überlagerung der Ableitungsströme über die natürlichen Nervenströme bedingte Wirkung erkennbar sein müßte. In beiden Fällen muß aber die Wirkung um so besser spürbar sein, je größer die Feld- oder die Stromdichte an der begangenen Stelle ist. Nun ist dem entgegenzuhalten, daß die dabei günstigstenfalls auftretenden Kräfte so außerordentlich gering sind, daß weder der elektromechanische, noch der biologische Vorgang durch das Gefühl des Rutengängers erfaßt werden können. Verfasser dieses machte aber vor längerer Zeit die überraschende Feststellung, daß bei kritischer Untersuchung der Unterschied zwischen der „richtigen" und der „unrichtigen" Haltung der Wünschelrute lediglich darin besteht, daß bei „unrichtiger" Haltung der Rute dieselbe in einem stabilen und bei „richtiger" Haltung in einem labilen Gleichgewicht gehalten wird. Das heißt also, daß bei der „richtigen" Haltung der Rute dieselbe mit Hilfe zweier sich gegenseitig aufhebender Kräfte (seitliches Spreizen durch die Arme und gleichzeitiges Nach-innen-Drücken der Rute durch die Handgelenke des Rutengängers) auf eine gewisse Vorspannung in labiler Lage gebracht und in dieser balanciert wird. Dann ist es aber sehr leicht möglich, daß eben mit Hilfe dieser vorher durch die Muskelkraft des Rutengängers in die Rute gebrachten Vorspannung der geringste zusätzliche Antrieb in der einen oder anderen Richtung, sei es nun auf mechanischer oder biologischer Grundlage, deutlich wahrnehmbar wird. Aber es sei dem wie es sei. Tatsache ist jedenfalls, daß die Nachprüfung der sich hieraus ergebenden Schlußfolgerungen, nämlich:

1. daß bei der außerordentlich geringen Größenordnung der in Frage kommenden Ströme die elektrische Leitfähigkeit des Rutenmaterials ohne Bedeutung ist und ausschließlich die Bedingung der Elastizität erfüllt sein muß;
2. daß bei richtiger Haltung der Rute jedermann in der Lage sein muß, die Wünschelrute zu gebrauchen und die Annahme einer besonderen Fähigkeit (womöglich noch im überdimensionalen Sinne) ein auf Täuschung beruhender Irrtum ist,

in einer Vielzahl von Fällen an einer ganzen Reihe von beliebigen Versuchspersonen in jedem Einzelfall eine positive Bestätigung erfuhr. Damit soll nicht gesagt sein, daß die behauptete generelle Fähigkeit des Wünschelrutengebrauchs individuelle Unterschiede in der Stärke der Empfindung ausschließt.

Zusammenfassung.

1. Als Spuren des unmittelbaren Blitzschlages an der Hochspannungs-Freileitung lassen sich mit Sicherheit nur die Holzmastsplitterung und der Seilbruch im Spannfeld ohne gleichzeitigen Isolatorenschaden ansprechen.

2. An diesen so gekennzeichneten Bodenstellen lassen sich ausnahmslos Wünschelrutenausschläge feststellen.

3. Die Verlegung von Banderden innerhalb der von der Wünschelrute bezeichneten Feldänderungszonen in

Verbindung mit einfachem Blitzseil bringt volle Sicherheit gegen den unmittelbaren Blitzschlag.

4. Zwischen Blitzerde und Berührungsschutzerde bestehen grundsätzliche Unterschiede nach Verlegung und Messung.

5. Der Gebrauch der Wünschelrute als grobes Hilfsmittel zum Aufsuchen von Feldänderungszonen ist nicht von einer subjektiven Fähigkeit des Rutengängers abhängig, sondern von der Haltung der Rute in einem labilen Gleichgewicht.

Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen.

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel.

DK 621.315.3(083.133.1)

VDE 0250 U.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 1. September 1939.

Änderung der ab 15. Oktober 1936 gültigen Fassung.

§ 6 wird § 6A.

§ 6B.

Leitungen für feste Verlegung im Putz in trocknen Räumen.

Bezeichnung: N I F (UV)

Nennspannung: 250 V.

a) Aufbau:

Die Leitungen sind mit eindrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1, 1,5 und 2,5 mm² mit eindrähtigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 2,5 und 4 mm² als Ein-, Zwei- und Dreifachleitungen zulässig. Die Leiter sind mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben, die aus mindestens 2 Lagen Gummi verschiedener Färbung und einer Wanddicke wie für NGA-Leitungen § 6A, Tafel I, hergestellt sein muß. Die Gummihülle hat den Bedingungen im § 3 zu genügen.

Einadrige Leitungen erhalten über der Gummiisolierung eine Umhüllung aus einer Regeneratmischung oder aus thermoplastischem Kunststoff. Diese Umhüllung ist so ausgebildet, daß seitlich in Längsrichtung der Leitung eine Befestigungsmöglichkeit (z. B. durch Annagelung) entsteht.

Bei mehradrigen Leitungen werden die gummiisolierten Adern flach nebeneinander angeordnet und mit einer gemeinsamen Umhüllung aus einer Regeneratmischung oder aus thermoplastischem Kunststoff umgeben, die zwischen den Adern Stege bildet. Die Stege können in der Mitte beiderseitig je eine Längsrille erhalten.

Für die Wanddicke der Umhüllung und die Außenmaße gelten die Werte der nachstehenden Tafel.

1	2	3	4	5
Querschnitt	Dicke der Umhüllung	Breitenmaße etwa mm		
		1-adrig	2-adrig	3-adrig
1	0,8	8,0	12,5	20,0
1,5	0,8	8,5	13,0	21,0
2,5	0,9	9,0	14,5	23,0
4	1,0	10,0	16,0	26,0

Die Kennzeichnung der Adern bei Mehrfachleitungen erfolgt durch verschiedene Färbung der Gummihülle, und zwar

bei 2 Adern: hellgrau-schwarz,
„ 3 „ hellgrau-schwarz-rot.

Die Kennfäden müssen zwischen Isolierhülle und Umhüllung eingelegt werden.

b) Elektrische Prüfung:

Die Leitungen müssen nach 24-stündigem Liegen unter Wasser von nicht mehr als 25° eine Wechselspannung von 2 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern und umgebendem Wasser während einer halben Stunde aushalten können.

c) Mechanische Prüfung:

Zur Feststellung der mechanischen Widerstandsfähigkeit der Leitungen werden die Probestücke in einen Wärmeschrank gebracht und 7 × 24 h lang ununterbrochen auf einer Temperatur von 70 ± 2° gehalten. Nach dieser Erwärmungsprüfung muß die Leitung folgender Prüfung genügen:

1. Einadrige Leitungen:

Ein Probestück einer Leitung wird in 10 Windungen um einen Dorn vom 4-fachen Außendurchmesser der Leitung gewickelt. Bei dieser Prüfung, die bei einer Temperatur von etwa 20° ausgeführt wird, dürfen in der äußeren Umhüllung keine Rißbildungen auftreten.

2. Mehradrige Leitungen:

Ein Probestück einer Leitung von 30 cm Länge wird an einem Ende fest eingespannt und am anderen Ende mit einem Gewicht von 5 kg belastet. Die Leitung wird hierauf 3mal um je 360° in gleicher Drehrichtung um die eigene Achse gedreht. In der äußeren Umhüllung dürfen sich nach dieser Prüfung, die bei einer Temperatur von 20° auszuführen ist, keine Risse zeigen.

d) Chemische Prüfung:

Leitungsstücke von etwa 1,5 m Länge, die an den Enden mit Bitumenmasse abgedichtet sind, werden 48 Stunden in eine 10%ige Aufschlämmung von gelöschtem Kalk in destilliertem Wasser so gelagert, daß 1 m der Leitung darin eintaucht. Nach Beendigung der Prüfung darf die Leitung keine sichtbaren Beschädigungen aufweisen und muß einer Spannungsprüfung von 2 kV während 10 Minuten unter Wasser standhalten.

e) Sonstige Prüfungen:

Bei den Leitungen mit einer Umhüllung aus thermoplastischen Kunststoffen muß diese außer den Prüfungen nach b) bis d) noch folgenden Bestimmungen genügen: VDE 0285/II. 38 „Prüfung von Leitungen und Kabeln für feste Verlegung, deren Leiterisolation oder Mäntel aus thermoplastischen Kunststoffen bestehen", Abs. II c) und e).

Stellungnahme des Ausschusses für Errichtungsvorschriften I zu dem Entwurf zu Umstell-Vorschriften für Leitungen für feste Verlegung im Putz, VDE 0250 U, § 6B.

Bei der bisher allgemein üblichen Unterputzverlegung von Leitungen in Rohren ist es mit Rücksicht auf die im Verhältnis zur Dicke der Putzschicht großen Durchmesser der Rohre erforderlich, Mauerschlitze, die erhebliche Stemmarbeiten verursachen, herzustellen, die neben erhöhten Baukosten auch noch eine Schwächung der Wände zur Folge haben. Es lag daher — bedingt durch die neuere Entwicklung im Bauwesen sowie die Belange des Vierjahresplanes — der Gedanke nahe, eine Leitungsart zu schaffen, die eine Verlegung ohne Herstellung von Mauerschlitzen erlaubt, wobei ein ausreichender mechanischer Schutz durch den aufgebrachten Putz erreicht wird.

In welchem Ausmaß durch Verwendung einer derartigen Leitungsart die Einsparung von Hausbaustoffen erzielt werden kann, geht aus dem Erlaß des Reichs- und Preußischen Arbeitsministers vom 30. Juli 1937 hervor, nach dem in Arbeiterwohnstätten mit nicht mehr als zwei Vollgeschossen für die deckenz-

Digitized by Google

tragenden Mauern 12 cm Dicke genügt, wenn jegliche Schwächung derselben, z. B. durch gestemmte Schlitze zur Aufnahme von Installationsteilen, ausgeschlossen ist.

Als Vorbild für eine solche Leitungsart dienten die seit vielen Jahren aufgeführten Unterputzanlagen unter Verwendung von Gummirohren, die sich bestens bewährt haben. Wenn man nämlich fabrikationsmäßig das Gummirohr auf die gummiisolierte Leitung unmittelbar aufbringt, ist die gesuchte Leitungsart, die als Imputzleitung bezeichnet wird, gefunden. Die mit Billigung des VDE seit dem Jahre 1934 in größerem Ausmaß erstellten Versuchsanlagen mit sogenannten Gummistegleitungen, die unmittelbar im Putz ordnungsgemäß verlegt worden sind, haben in bezug auf elektrische Sicherheit und auf Gefahren durch Beschädigung keinerlei Beanstandungen ergeben, so daß vom Sicherheitsstandpunkt aus gegen Imputzleitungen keine Bedenken zu erheben sind. Nachdem seit November 1938 durch die Streichung der Regel 4 des § 21 von VDE 0100 auf die Auswechselbarkeit von fest verlegten Leitungen verzichtet worden ist, steht der Zulassung einer derartigen Leitung auch formal keine Behinderung entgegen. Die Forderung des § 21f) von VDE 0100/X. 38, wonach eine Beschädigung der Leitungen durch die Befestigungsmittel oder äußere Einwirkungen zu verhüten ist, wird durch den vorgeschriebenen Aufbau der Imputzleitungen erfüllt.

Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A.

VDE-Ausschuß für Sicherungswesen.

DK 621.316.923(083.133)

VDE 0635/VI.39.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Vorschriften gelten für Erzeugnisse, die nach dem 1. Januar 1940 hergestellt werden[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Diese Vorschriften gelten für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A.

b) Bei Verwendung von Sicherungen für Sonderzwecke (z. B. Bahnen) sind auch die entsprechenden Sondervorschriften des VDE zu berücksichtigen.

c) Für schlagwettergeschützte Sicherungen gilt VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte".

d) Für explosionsgeschützte Sicherungen gilt VDE 0171 „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte".

II. Begriffe.

§ 3.

a) Leitungsschutzsicherungen — bestehend aus Sicherungssockel (gegebenenfalls mit Abdeckung), Paßeinsatz, Schmelzeinsatz und Schraubkappe — sind selbsttätig wirkende Vorrichtungen zum Schutz von Haupt- und Verteilungsleitungen gegen Strombelastung von unzulässiger Stärke und Dauer, bei denen die Stromunterbrechung durch Abschmelzen eines vom Strom durchflossenen Schmelzleiters erfolgt.

b) Sicherungssockel ist der zur Aufnahme des Schmelzeinsatzes bestimmte Teil der Sicherung.

c) Paßeinsatz ist der zur Sicherstellung der Unverwechselbarkeit dienende Teil der Sicherung.

d) Schmelzeinsatz ist der die Stromunterbrechung bewirkende Schmelzleiter mit seinem Halter nebst dem zur Sicherstellung der Unverwechselbarkeit dienenden Teil des Schmelzeinsatzes.

e) Schraubkappe ist der zur Befestigung des Schmelzeinsatzes im Sicherungssockel dienende Teil der Sicherung.

f) Nennspannung ist die Spannung, für die die Sicherung gebaut und benannt ist.

g) Nennstrom ist der Strom, für den die Sicherung gebaut und benannt ist.

h) Abschaltzeit ist die bei einer bestimmten Belastung vom Augenblick des Einschaltens bis zum Abschalten gemessene Zeit.

i) Kurzschlußstrom ist der Strom, der bei metallisch überbrückter Sicherung auftritt.

k) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg längs der Oberfläche eines Isolierteils
zwischen Spannung führenden Teilen oder
zwischen Spannung führenden Teilen und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen.

l) Luftstrecke ist der kürzeste Luftabstand
zwischen Spannung führenden Teilen oder
zwischen Spannung führenden Teilen und Erde oder der Berührung zugänglichen Stellen.

III. Allgemeine Angaben.

§ 4.

Aufschriften.

a) Sicherungssockel, Schmelzeinsätze, Schraubkappen und Paßeinsätze müssen dauerhaft und gut leserlich folgende Aufschriften tragen:

Sicherungssockel und Schmelzeinsätze:
Ursprungszeichen,
Nennspannung,
Nennstrom.

Schmelzeinsätze mit erhöhter Verzögerung müssen als solche gekennzeichnet sein (zur Kennzeichnung genügt Aufstempelung.)

Schraubkappen:
Ursprungszeichen,
Nennspannung,

Paßeinsätze:
Ursprungszeichen,
Nennstrom.

Werden Abkürzungen für die Bezeichnungen verwendet, so ist der Nennstrom mit A, die Nennspannung mit V zu bezeichnen, oder es sind nur Zahlenwerte anzugeben, wobei der Zahlenwert für den Nennstrom vor oder über demjenigen für die Nennspannung stehen muß und von diesem durch einen Strich zu trennen ist.

Die Bezeichnung von Nennstrom und Nennspannung kann also z. B. sein: 10 A 500 V oder 10/500 oder $\frac{10}{500}$.

b) Die Anschlußstelle für die Schutzleitung ist durch das Erdungszeichen nach DIN VDE 11[2]) zu kennzeichnen.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Juni 1939.

[2]) In Vorbereitung.

Digitized by Google

c) Isolierteile aus nichtkeramischen gummifreien Isolierstoffen nach VDE 0320 müssen, soweit es technisch ausführbar ist, das vom Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, erteilte Überwachungszeichen nach DIN 7702 tragen, das gleichzeitig Herkunft und Typ erkennen läßt.

§ 5.

Nennspannung, Nennstrom.

a) Leitungsschutzsicherungen müssen für 500 V Nennspannung gebaut sein.

b) Sicherungssockel sind nur für die Nennströme 25, 60, 100 und 200 A zulässig.

c) Paßeinsätze sind nur für die Nennströme (4), 6, 10, 15, 20, 25, 35, 50, 60, 80, 100, 125, 160 und 200 A zulässig[3]).

d) Nennströme für Schmelzeinsätze sind: (4), 6, 10, 15, 20, 25, 35, 50, 60, 80, 100, 125, 160 und 200 A[3]).

§ 6.

Normen.

a) Für Sicherungen gelten zur Zeit folgende DIN VDE-Normen:

DIN VDE 400 Edison-Gewinde, Gewindeform und Grenzmaße,
„ „ 405 Edison-Gewinde E 16,
„ „ 6200 Anschlußbolzen, Konstruktionsblatt,
„ „ 6206 Anschlußklemmen,
„ „ 9301 Gewinde für D-Paßeinsätze 6 bis 60 A 500 V nach DIN VDE 9360,
„ „ 9310 D-Sicherungssockel E 27 25 A 500 V mit rückseitigem Anschluß,
„ „ 9311 D-Sicherungssockel E 33 60 A 500 V mit rückseitigem Anschluß,
„ „ 9312 D-Sicherungssockel R 1¼" 100 A 500 V mit rückseitigem Anschluß,
„ „ 9313 D-Sicherungssockel R 2" 200 A 500 V mit rückseitigem Anschluß,
„ „ 9315 D-Sicherungssockel E 16 25 A 500 V mit rückseitigem Anschluß,
„ „ 9320 D-Sicherungssockel E 27 25 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß,
„ „ 9321 D-Sicherungssockel E 33 60 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß,
„ „ 9322 D-Sicherungssockel R 1¼" 100 A 500 V mit vorders. Anschluß,
„ „ 9323 D-Sicherungssockel R 2" 200 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß,
„ „ 9325 D-Sicherungssockel E 16 25 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß,
„ „ 9360
Bl. 1 D-Schraubkappen E 16, E 27 und E 33 500 V,
Bl. 2 D-Schmelzeinsätze E 16, E 27 und E 33 500 V,
Bl. 3 D-Paßeinsätze E 16, E 27 und E 33 500 V,
„ „ 9365
Bl. 1 D-Schraubkappen R 1¼" und R 2" 500 V,
Bl. 2 D-Schmelzeinsätze R 1¼" und R 2" 500 V,
Bl. 3 D-Paßeinsätze R 1¼" und R 2" 500 V.

b) Die in den Normblättern als verbindlich gekennzeichneten Maße und Angaben müssen eingehalten werden.

c) Nicht genormte Ausführungen dürfen mit den genormten nicht verwechselbar sein, wenn bei ordnungsmäßiger Verwendung verwechselbarer Teile die Sicherheit beeinträchtigt werden kann.

d) Zur Prüfung sind Lehren nach folgenden Normblättern zu verwenden:

DIN VDE 300 Tastfinger,
„ „ 401 Edisongewinde, Gewindelehren,
„ „ 406
Bl. 1 Gewindelehrdorn für Gewinde E 16,
Bl. 2 Gewindelehrring für Gewinde E 16,
„ „ 9361
Bl. 1 Lehrringe für D-Schmelzeinsätze und D-Paßeinsätze E 16, E 27 und E 33 500 V,
Bl. 2 Grenzlehrdorne für D-Paßeinsätze E 16, E 27 und E 33 500 V,
Bl. 3 Rachenlehren und Grenzlehren für D-Schmelzeinsätze, D-Paßeinsätze und D-Schraupkappen E 16, E 27 und E 33 500 V,
Bl. 4 Tiefenlehren für D-Sicherungssockel E 16, E 27 und E 33 500 V,
„ „ 9366
Bl. 1 Lehrringe für D-Schmelzeinsätze und D-Paßeinsätze R 1¼" und R 2" 500 V,
Bl. 2 Rachenlehren und Grenzlehren für D-Schmelzeinsätze, D-Paßeinsätze und D-Schraubkappen R 1¼" und R 2" 500 V,
Bl. 3 Tiefenlehren für Sicherungssockel R 1¼" und R 2" 500 V.

§ 7.

Allgemeine Bauvorschriften.

a) Leitungsschutzsicherungen müssen aus Werkstoffen ausreichender Wärmebeständigkeit bestehen, damit ihre Brauchbarkeit durch die höchste Temperatur, die im Dauerbetriebe mit dem stärksten zulässigen Schmelzeinsatz auftreten kann, nicht beeinträchtigt wird.

b) Gewindehülse sowie Anschluß- und Befestigungslappen müssen aus einem Stück bestehen.

c) Fußkontaktschienen müssen gegen Lageänderung gesichert sein.

d) Schrauben, die Kontakt vermitteln, müssen aus Metall bestehen und in metallenes Muttergewinde eingreifen.

e) Befestigungen in Isolierstoff-Muttergewinde, die bei der Montage beansprucht werden, müssen ein 10-maliges Festziehen und vollständiges Lösen mit Drehmomenten nach § 12 aushalten.

Das ordnungsmäßige Eingreifen des Schraubengewindes in das Isolierstoff-Muttergewinde beim Einsetzen der Schrauben muß gewährleistet sein. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn z. B. eine übermäßige Schiefstellung der Schraube vor dem Anziehen durch eine Führung in dem zu befestigenden Teil verhindert wird oder durch eine Einsenkung des Muttergewindes oder durch einen Führungszapfen an der Schraube selbst das richtige Eingreifen des Gewindes erleichtert wird.

f) Kontaktflächen müssen elektrisch gut leitend und so beschaffen sein, daß ein die Sicherheit beeinträchtigendes Ansteigen des Kontaktwiderstandes, z. B. durch Oxydbildung, verhindert wird.

g) Der Raum für die anzuschließenden Leitungen muß so bemessen sein, daß durch die Leitungen die Wirkungsweise der Sicherung nicht beeinträchtigt wird.

h) Sicherungssockel müssen so gebaut sein, daß sie zuverlässig befestigt werden können. Die Befestigungsmittel dürfen nur mittels Werkzeugs lösbar sein.

i) Die Einhaltung der Unverwechselbarkeit der Schmelzeinsätze ist durch Ausführung gemäß Normblätter gewährleistet.

k) Der Schmelzraum muß geschlossen sein und darf ohne besondere Hilfsmittel und ohne Beschädigung des Schmelzeinsatzes nicht geöffnet werden können. Der Schmelzeinsatz muß so ausgeführt sein, daß seine Kontaktvorrichtungen den Kontakt sowohl an dem Unverwechselbarkeitsteil wie an der Schraubkappe bzw. Kontaktgewinde unmittelbar vermitteln. Schmelzleiter und zugehörige Unverwechselbarkeitseinrichtung (Fußzapfen) müssen unverlierbar miteinander verbunden sein.

l) Schmelzeinsätze mit mehreren voneinander unabhängigen, zu getrennten Kontaktvorrichtungen führenden Schmelzleitern sind unzulässig.

m) Schmelzeinsätze müssen Unterbrechungsmelder haben.

n) Schraubkappen müssen derart ausgebildet sein, daß die Unterbrechung des Schmelzleiters von außen erkennbar ist. Haben Schraubkappen eine Öffnung für einen Unterbrechungsmelder, so muß diese abgeschlossen sein.

o) Das Einsetzen und Entfernen der Paßeinsätze muß durch die zugehörigen genormten Paßeinsatzschlüssel möglich sein.

IV. Sicherungssockel, Paßeinsätze und Schraubkappen.

§ 8.

Leitungsanschlüsse.

a) Anschlußklemmen müssen als Schraubklemmen ausgebildet sein, die nur mittels Werkzeug bedienbar sind.

b) Die Anschlußklemmen müssen so beschaffen sein, daß der Anschluß mit genügendem Kontaktdruck ohne wesentliche Beschädigung der Leitung erfolgen kann.

Das Ausweichen der Leiter muß zuverlässig verhindert sein.

c) Schrauben und Muttern, die bei Einbau und Anschluß von Sicherungen bedient werden müssen, dürfen nicht zur Befestigung von Kontaktteilen dienen, wenn durch deren Lageänderung die in § 9 a) festgelegten Mindest-Kriech- und Luftstrecken unterschritten oder die Wirkungsweise der Sicherung beeinträchtigt werden kann.

d) Die Anschlußbolzen der Sicherungssockel müssen gegen Lockerung gesichert befestigt sein. Die Muttern für die Befestigung der anzuschließenden Leitungen müssen gegen Lockerung gesichert werden können.

§ 9.

Kriech- und Luftstrecken.

a) Nachstehende Kriech- und Luftstrecken dürfen nach ordnungsmäßigem Anschluß der Leitungen nicht unterschritten werden:

1. Kriech- und Luftstrecke zwischen einem Spannung führenden Teil und der Auflagefläche (Rückseite) . . . . 10 mm,
desgleichen wenn der Spannung führende Teil durch Vergußmasse abgedeckt ist (Schichtdicke mindestens 2 mm) . . . . 5 mm,
2. alle anderen Kriech- und Luftststrecken . . . . 5 mm.

b) Kriech- und Luftstrecken nach a), Punkt 2, müssen auch gegenüber den Befestigungsschrauben für den Sockel eingehalten werden, und zwar unter Berücksichtigung von Schrauben nach DIN 84.

[3]) Der eingeklammerte Wert ist möglichst zu vermeiden.

Digitized by Google

§ 10.

Berührungsschutz.

a) Die zufällige Berührung Spannung führender Teile darf bei ordnungsgemäß eingesetztem Schmelzeinsatz nicht möglich sein.

Mit einem Tastfinger nach DIN VDE 300, Ausführung A, ist festzustellen, ob eine zufällige Berührung Spannung führender Teile nach a) möglich ist. Die Prüfung erfolgt im Gebrauchszustand der Sicherung nach Schaltbild in DIN VDE 300.

b) Lackierung, Emaillierung und Oxydierung von Metallteilen gelten nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

c) Abdeckungen dürfen nur mittels Werkzeugs entfernbar sein.

d) Spannung führende Befestigungsschrauben dürfen im betriebsfertigen Zustand des Sicherungssockels nicht bedienbar sein.

§ 11.

Isolation.

a) Leitungsschutzsicherungen sind zunächst mindestens 4 h bei einer Temperatur von 20 bis 30° und danach 24 h bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 90% und bei einer Temperatur von etwa 30 ± 2° zu lagern (Prüfvorrichtung siehe DIN VDE 302).

Unmittelbar nach der Lagerung wird eine praktisch sinusförmige Wechselspannung von 3000 V und 50 Per/s 1 min lang an folgende Teile gelegt:

1. Beim Sicherungssockel
   zwischen die Anschlußkontakte,
   zwischen die untereinander verbundenen Spannung führenden Teile einerseits und
   - jede Befestigungsschraube,
   - jeden der Berührung zugänglichen Metallteil am Sockel,
   - eine unter den Sockel gelegte Metallplatte sowie
   - eine um den Sockel gelegte Stanniolumhüllung andererseits;
2. bei der Schraubkappe
   zwischen die Gewindehülse einerseits und
   - eine um den Isolierkörper gelegte Stanniolumhüllung andererseits.

Zur Prüfung wird ein Transformator benutzt, dessen Sekundärleistung mindestens 100 VA ist. Die Spannung ist vom halben Wert bis zum Endwert stetig oder in einzelnen Stufen von je 5% der Endspannung zu steigern.

b) Bei der Prüfung darf weder Durchschlag noch Überschlag auftreten. Der Stromdurchgang darf nicht größer als 1,5 mA sein.

§ 12.

Mechanische Sicherheit.

a) Schraub- und Kittverbindungen müssen ausreichende mechanische Sicherheit haben.

Bei den Prüfungen unter b) und g) dürfen keine für die weitere Verwendung der Prüflinge nachteiligen Veränderungen entstehen.

b) Die Anschlußbolzen an Sicherungssockeln müssen gegen Lockern gesichert sein.

Die Prüfung ist am gebrauchsfertigen Sicherungssockel ohne Entfernen oder Lösen etwa vorhandener Gegenmuttern durchzuführen. Die Anschlußbolzen sind je 1 min lang mit Drehmomenten nach Tafel I einmal bei Rechts-, einmal bei Linksdrehung zu beanspruchen. Der Angriffspunkt des Drehmomentes soll hierbei 10 mm von der Sockelauflagefläche entfernt sein.

Tafel I.

Gewinde der Gewindehülse	Drehmoment kgcm
E 16	20
E 27	20
E 33	35
R 1¼"	55
R 2"	75

c) Anschlußschrauben sind 5-mal mit Drehmomenten nach Tafel II anzuziehen und wieder zu lösen.

Tafel II.

Gewinde der Anschlußschraube	Drehmoment kgcm
M 5	20
M 6	25
M 8	55
M 10	75

d) Paßeinsätze nach DIN VDE 9360 Blatt 3 sind mit einem Paßeinsatz-Schlüssel in ein Muttergewinde aus Stahl einmal mit einem Drehmoment von 20 kgcm einzuschrauben und wieder zu lösen. Das Paßeinsatzmuttergewinde ist der gleichen Prüfung unter Verwendung eines Paßeinsatzes aus Stahl zu unterwerfen.

e) Die Gewindehülse des Sicherungssockels ist durch 5-maliges Einschrauben und Lösen einer Schraubkappe mit Schmelzeinsatz bei eingesetztem Paßeinsatz mit Drehmomenten nach Tafel III zu prüfen.

Tafel III.

Gewinde der Gewindehülse	Drehmoment kgcm
E 16	20
E 27	30
E 33	50
R 1¼"	80
R 2"	100

Die Prüfung der Gewindehülse einer Schraubkappe erfolgt durch Einschrauben in einen Sicherungssockel unter den gleichen Bedingungen.

f) Bei Sicherungssockeln, Schraubkappen und Paßeinsätzen, bei denen die Befestigung von Metallteilen durch Kittung erfolgt, ist die Prüfung nach Feuchtlagerung (vergl. § 11a) vorzunehmen. Bei den Prüfungen dürfen keine für die weitere Verwendung der Prüflinge nachteiligen Veränderungen entstehen.

g) Die in den Normblättern festgelegten Wanddicken der Gewindehülse von Sicherungssockeln und Schraubkappen E 16, E 27 und E 33 sind als Mittelwert aus 10 Einzelmessungen der Wanddicke zu bestimmen, von denen 5 am Außendurchmesser und 5 am Kerndurchmesser ausgeführt werden.

§ 13.

Wärmesicherheit.

a) Die Wärmesicherheit (vergl. § 7 a) wird in einem Wärmschrank geprüft. Die Prüfdauer beträgt 1 h bei 100 ± 5° und daran anschließend 1 h bei 200 ± 5°.

b) Nach der Erwärmung auf 100° darf etwa verwendete Vergußmasse nicht ausgeflossen sein und nach der Erwärmung auf 200° darf die Leitungsschutzsicherung keine ihre Wirkungsweise beeinträchtigenden Veränderungen erlitten haben (Besichtigung und Kontrolle in bezug auf die Bedingungen für Unverwechselbarkeit und Maßnormen, Aufschriften gemäß § 4, Berührungsschutz, Lagenänderung der Fußkontaktschiene und Anschlußbolzen der Sicherungssockel, mechanische Haltbarkeit der Paßschrauben und der Befestigung der Gewindehülse in Schraubkappen).

V. Schmelzeinsätze.

§ 14.

Unterbrechungsmelder.

a) Unterbrechungsmelder müssen so beschaffen sein, daß ein Abschmelzen des Schmelzleiters bereits bei 40 V angezeigt wird[5]).

§ 15.

Prüfströme.

a) Zur Prüfung ist der Schmelzeinsatz in einen Sicherungssockel mit rückseitigem Anschluß einzuschrauben, der in Gebrauchslage auf einer Holzwand von etwa 15 mm Dicke befestigt ist.

Temperaturbeeinflussungen sind zu vermeiden.

Die Zuleitungen müssen den dem Sicherungssockel zugeordneten Querschnitten entsprechen.

b) Der Schmelzeinsatz muß bei einem Nennstrom bis 60 A mindestens 1 h, bei einem Nennstrom über 60 A mindestens 2 h den kleinsten Prüfstrom nach Tafel IV aushalten. Der so geprüfte Schmelzeinsatz ist zu weiteren Prüfungen nicht zu verwenden.

Tafel IV.

1	2	3	4
Nennstrom I_n	kleinster Prüfstrom	größter Prüfstrom	Prüfdauer
6 bis 10 A	$1{,}5 \cdot I_n$	$1{,}9 \cdot I_n$	1 h
15 „ 25 A	$1{,}4 \cdot I_n$	$1{,}75 \cdot I_n$	1 h
35 „ 60 A	$1{,}3 \cdot I_n$	$1{,}6 \cdot I_n$	1 h
80 „ 200 A	$1{,}3 \cdot I_n$	$1{,}6 \cdot I_n$	2 h

[5]) Für diese Prüfung sind neue Prüflinge zu verwenden.

Digitized by Google

c) Der Schmelzeinsatz muß bei Belastung mit dem größten Prüfstrom nach Tafel IV bei einem Nennstrom bis 60 A innerhalb von 1 h, bei einem Nennstrom über 60 A innerhalb von 2 h abschmelzen.

§ 16.

Überstromsicherheit, Abschaltzeiten.

a) Die Prüfung der Überstromsicherheit ist mit Gleichstrombelastung durchzuführen. Die Prüfspannung beträgt das 1,1-fache der Nennspannung, der Belastungsstrom ist nacheinander das 2,5-, 3-, 4- und 10-fache des Nennstromes.

b) Bei Schmelzeinsätzen nach DIN VDE 9360, Blatt 2 und 9370, Blatt 2 müssen die in Tafel VI angegebenen Abschaltzeiten eingehalten werden. Die Prüfung erfolgt vom kalten Zustand der Schmelzeinsätze aus.

Tafel V. Abschaltzeiten für Schmelzeinsätze.

1	2	3	4	5	6	7
Nennstrom I_n	Abschaltzeit bei					
	$2{,}5 \cdot I_n$		$3 \cdot I_n$		$4 \cdot I_n$	
	mindest.	höchst.	mindest.	höchst.	mindest.	höchst.
A	s	s	s	s	s	s
6	0,2	7	0,08	1,6	0,02	0,3
10	0,3	8,5	0,12	2,2	0,04	0,55
15	0,35	9	0,14	2,5	0,05	0,55
20	0,35	10	0,15	2,8	0,07	0,8
25	0,6	12	0,25	3,5	0,1	1,1
35	1	16	0,4	5,6	0,13	1,4
50	1,2	20	0,5	7	0,18	1,8
60	1,5	24	0,6	8	0,2	2,0

Tafel VI. Abschaltzeiten für Schmelzeinsätze mit erhöhter Verzögerung.

1	2	3	4	5	6	7
Nennstrom I_n	Abschaltzeit bei					
	$2{,}5 \cdot I_n$		$3 \cdot I_n$		$4 \cdot I_n$	
	mindest.	höchst.	mindest.	höchst.	mindest.	höchst.
A	s	s	s	s	s	s
6	15	120	3,0	20	0,6	2,5
10	16	120	3,5	23	0,9	3,6
15	17	120	4	25	1,1	4
20	19	130	6	28	1,3	4,5
25	22	140	8	34	1,8	6,1
35	25	150	8	34	2,0	6,1
50	25	150	10	40	3	9
60	25	150	10	40	3	9

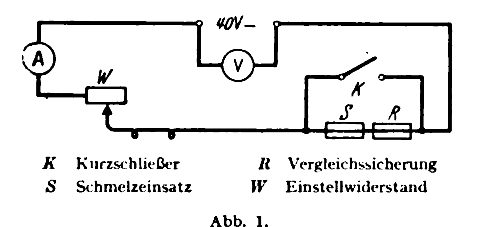
c) Ausführungen, die von DIN VDE 9360 Blatt 2 und 9370 Blatt 2 abweichen, dürfen, wenn sie hinsichtlich Grenzstrom, Überstromsicherheit und Schaltvermögen den §§ 15, 16 a) und 18 genügen, größere Abschaltzeiten aufweisen, als in Tafel V und VI festgelegt ist.

§ 17.

Selektivität.

a) Die Selektivität eines Schmelzeinsatzes mit erhöhter Verzögerung gegenüber einer stärkeren oder schwächeren Vergleichssicherung muß gewährleistet sein, d. h. bei gleicher Strombelastung muß die schwächere Vergleichssicherung schneller abschalten als der Schmelzeinsatz, dieser muß schneller abschalten als die stärkere Vergleichssicherung.

b) Die Prüfung der Selektivität ist in der Schaltung nach Abb. 1 durchzuführen.



K Kurzschließer *R* Vergleichssicherung
S Schmelzeinsatz *W* Einstellwiderstand

Abb. 1.

Der Belastungsstrom beträgt 1000 A bei 40 V. Als Stromquelle ist eine Akkumulatorenbatterie von mindestens 100 Ah zu verwenden. Die Klemmenspannung muß bei kurzzeitiger Belastung mit 1000 A mindestens 40 V sein. Die Leerlaufspannung darf 40 V + 6% nicht übersteigen.

Als stärkere oder schwächere Vergleichssicherung ist ein mit dem Schmelzeinsatz in Reihe geschalteter Feinsilberdraht von mindestens 99,0% Silbergehalt und 85 mm Länge zwischen den Einspannstellen zu verwenden, dessen Durchmesser nach Tafel VII zu bemessen ist. Der Draht ist offen zwischen zwei Klemmen auszuspannen.

Tafel VII. Drahtdurchmesser.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vergleichssicherung	Nennstrom des Schmelzeinsatzes in A							
	6	10	15	20	25	35	50	60
schwächere: mindestens mm	0,18	0,27	0,34	0,44	0,52	0,62	0,80	0,95
stärkere: höchstens mm	0,27	0,34	0,44	0,52	0,62	0,80	0,95	1,2

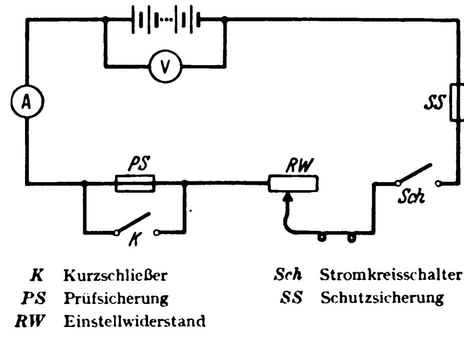
§ 18.

Schaltvermögen.

a) Schmelzeinsätze mit Nennströmen bis 25 A müssen 1500 A, solche mit Nennströmen über 25 A müssen 5500 A, Schmelzeinsätze mit erhöhter Verzögerung 10 000 A ordnungsgemäß abschalten.

b) Die Prüfung der Schaltvermögen ist in der Schaltung nach Abb. 2 durchzuführen.

Als Stromquelle ist eine Batterie von mindestens 1000 Ah und einer Klemmenspannung von mindestens 550 V, gemessen an der offenen Batterie, zu verwenden.



K Kurzschließer *Sch* Stromkreisschalter
PS Prüfsicherung *SS* Schutzsicherung
RW Einstellwiderstand

Abb. 2.

Die Prüfung wird zwecks Einstellung des Prüfstromes so durchgeführt, daß in den Prüfstromkreis an Stelle des zu prüfenden Schmelzeinsatzes ein Kurzschließer eingeschaltet und in dieser Prüfanordnung der Prüfstrom gemäß a) eingestellt wird. Danach wird die Prüfung nach a) vorgenommen.

§ 19.

Wärmesicherheit.

Die Prüfung der Wärmesicherheit erfolgt nach § 13. Eine etwaige Unterbrechung des Schmelzleiters ist zulässig.

§ 20.

Beurteilung der Prüfung von Schmelzeinsätzen.

Die Beurteilung der Prüfung erfolgt nach folgenden Gesichtspunkten:

a) Zulässig sind folgende Erscheinungen:

Unterbrechung durch Kennmelder nicht deutlich angezeigt,
Schwärzen des Kennfensters,
geringes Brandloch am Stirn- oder Fußkontakt,
Durchbeulen des Stirn- oder Fußkontaktes,
leichtes Ausblasen oder Ausbrennen des Kennmelders,
Wärmerisse des Körpers nach erfolgter Abschaltung.

b) Als unzulässig gilt:

Zerstören oder Abschleudern des Kennfensters,
Ausblasen am Stirn- oder Fußkontakt,
Zerstören des Paßeinsatzes,
Verschmoren des Stirn- oder Fußkontaktes,
Platzen des Körpers während des Schaltvorganges,
Stehfeuer,
Zerstören der Schraubkappe oder des Sicherungssockels.

Digitized by Google

AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT.

Wahl der Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannungen in Sonderfällen.

Von **W. Schrank** VDE, Berlin.

DK 621.316.99

Übersicht. Auf die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen in Sonderfällen wird hingewiesen. An Hand praktischer Beispiele werden geeignete Maßnahmen vorgeschlagen, wobei insbesondere betriebstechnische und wirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Abschließend wird kurz auf die Gefahrenmomente bei Verschleppung von Berührungsspannungen durch Isolierstoff-Wasserrohre eingegangen*).

Einleitung.

Mit der stetig zunehmenden Verwendung elektrischer Maschinen und Geräte im Haushalt, Kleingewerbe, in der Industrie und Landwirtschaft muß auch den Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannungen in bezug auf ihre richtige Wahl die erforderliche Aufmerksamkeit zugewendet werden. Wie die bisherigen Erfahrungen ergeben haben, wird hier der Installationstechniker oftmals vor Aufgaben gestellt, deren richtige Lösungen zunächst nicht als ganz einfach erscheinen. Es ist daher verständlich, daß sich die Elektrizitätswerke selbst mit diesen Aufgaben befassen und in allgemeinen Fällen die anzuwendenden Schutzmaßnahmen vorschreiben und in Sonderfällen mindestens die Richtung angeben, in welcher erfolgversprechende Maßnahmen zu treffen sind.

Die Grundlage für die Anwendung eines Berührungsspannungsschutzes bietet der § 3 von VDE 0100, Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V. Im Absatz C des § 3 wird empfohlen, daß in erster Linie durch bauliche Gestaltung der Geräte und durch sorgfältigste Montage Körperschlüsse und somit auftretende Berührungsspannungen vermieden werden. Zweifellos kann dieser Forderung durch solide Konstruktion, gute Montage und durch weitgehende Verwendung isolierender Baustoffe Rechnung getragen werden. In den Fällen, in denen diese Forderungen nicht oder nur teilweise eingehalten werden können, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen von Fall zu Fall zu empfehlen. Sie m ü s s e n aber angewendet werden, wenn die M ö g l i c h k e i t e i n e r b e s o n d e r e n G e f ä h r d u n g vorliegt[1]).

Der Begriff „besondere Gefährdung" ist in den VDE-Vorschriften auf

1. eine Klasseneinteilung der Räume,
2. die Höhe der Spannung gegen Erde und
3. den Charakter des elektrischen Gerätes

abgestellt, wie aus der Tafel 1 hervorgeht.

Tafel 1.

<table>
<tr><th rowspan="2">Kennzeichnung des Raumes</th><th colspan="3">Spannung gegen Erde in Volt</th><th rowspan="2">über 250</th></tr>
<tr><th>bis 65</th><th>66 bis 150</th><th>151 bis 250</th></tr>
<tr><td>Klasse A</td><td rowspan="4">Schutzmaßnahmen nicht[2]) erforderlich</td><td colspan="2">Schutzmaßnahmen nicht erforderlich</td><td rowspan="4">Schutzmaßnahmen stets erforderlich</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Klasse B</td><td colspan="2">Schutzmaßnahmen erforderlich bei</td></tr>
<tr><td>betriebsmäßiger Umfassung</td><td>großflächiger Berührung</td></tr>
<tr><td>Klasse C</td><td colspan="2">Schutzmaßnahmen erforderlich bei großflächiger Berührung</td></tr>
</table>

*) Auszug aus einem Vortrag des Verfassers, gehalten am 8. 11. 1938 vor den Jungingenieuren des VDE-Bezirkes Berlin.

1) Vgl. VDE 0140 § 4.

2) Mit Ausnahme von Handlampen in Kesseln und ähnlichen Einrichtungen, in denen als Schutzmaßnahme nur Kleinspannung bis 42 V in Frage kommt (vgl. VDE 0140, § 7).

Die Klasseneinteilung ist der Tafel 2 zu entnehmen.

Zu der VDE-mäßigen Klasseneinteilung ist noch folgendes zu bemerken: Die gleiche Wirkung wie die Räume der Klasse C können auch Räume der Klassen A und B

Tafel 2.

Klasse	Bezeichnung der Räume
A	trockene Wohn-, Büro- und Werkstatträume mit Holzfußboden (isolierend)
B	trockene Räume mit Fußboden aus Stein, Fliesen, Beton ohne Eisen u. ä.
C	Räume mit Fußböden der Klasse B, wenn die Leitfähigkeit des Standortes durch Feuchtigkeit, Wärme, chemische Einflüsse und dergleichen wesentlich heraufgesetzt wird

haben, wenn sich in diesen geerdete Teile, wie Wasserhähne, Heizkörper, Gasherde, Abflußleitungen u. ä. befinden. Wenn auch nach den VDE-Vorschriften aus der Anwesenheit der genannten Teile noch keine Verpflichtung zur Anwendung einer Schutzmaßnahme hergeleitet werden kann, so werden von den Elektrizitätswerken meist schon zusätzliche Schutzmaßnahmen vorgeschrieben oder empfohlen, wenn auch nur für bestimmte Geräte[3]).

Zahlreiche Fälle, in denen Berührungsspannungen aufgetreten sind, haben jedoch ergeben, daß die Abstellung der Anwendung sämtlicher Schutzmaßnahmen nur auf die genannten Punkte nicht immer ausreichend ist. Es bilden sich hier Sonderfälle heraus, in denen nur die richtige Wahl der Schutzmaßnahmen in bezug auf Schutz- und Betriebssicherheit zu einer befriedigenden Lösung führt.

Während der Installationstechniker in den allgemeinen Fällen über die Notwendigkeit und Anwendungsmöglichkeiten von Schutzmaßnahmen durch Vorschriften, Schrifttum usw. eingehend unterrichtet ist, trifft das für Sonderfälle naturgemäß nicht zu. Unter Sonderfällen sollen hier solche Fälle verstanden werden, in denen

1. der Begriff „besondere Gefährdung" einer Erweiterung bedarf,
2. die Notwendigkeit zusätzlicher Schutzmaßnahmen im Sinne der VDE-Vorschriften von vornherein nicht eindeutig festzustehen scheint oder verkannt wird, und
3. die VDE-mäßigen Schutzmaßnahmen Isolierung, Erdung, Nullung, Schutzschaltung und Kleinspannung in bezug auf Schutz- und Betriebssicherheit, Einfachheit und Wirtschaftlichkeit von Fall zu Fall einer Auswahl bedürfen.

Es erheben sich somit bei der Behandlung von Sonderfällen stets zwei Hauptfragen:

1. Ist eine zusätzliche Schutzmaßnahme n o t w e n d i g ?
2. Welche Schutzmaßnahme k a n n oder m u ß angewendet werden?

Die Beantwortung dieser Fragen setzt Gewissenhaftigkeit, gute Sachkenntnis, besondere Erfahrungen, eingehende Besichtigungen und u. U. notwendige Messungen voraus.

In bezug auf die Möglichkeit der Anwendung von geeigneten Schutzmaßnahmen sollen die Geräte im folgen-

3) Vgl. Anschlußbedingungen für Starkstromanlagen im Versorgungsgebiet der Berliner Kraft- und Licht(BEWAG)-A.G.; Blatt 19, 3. Ausgabe, August 1938.

Digitized by Google

den zunächst nach zwei Hauptgruppen unterschieden werden, und zwar sollen im Abschnitt I

Geräte, deren Körper von Erde praktisch isoliert

und im Abschnitt II

Geräte, deren Körper zwangsläufig geerdet sind,

behandelt werden.

Im Abschnitt III soll auf die Gefahrenmomente hingewiesen werden, die bei Verlegung von Isolierstoff-Wasserrohren eingetreten sind.

I. Schutzmaßnahmen an isoliert aufgestellten Geräten.

Für Maschinen und Geräte, deren Körper von Erde praktisch isoliert sind, richtet sich die Auswahl der Schutzmaßnahmen meistens nur nach den Netzverhältnissen und den zur Verfügung stehenden wirtschaftlichen Mitteln. Das Schwergewicht in der Behandlung dieser Fälle liegt somit nur in der richtigen Beantwortung der Frage, ob überhaupt zusätzliche Schutzmaßnahmen notwendig sind.

An Hand einiger praktischer Beispiele sollen die Fragen, ob und gegebenenfalls welche geeigneten Schutzmaßnahmen anzuwenden sind, beantwortet werden.

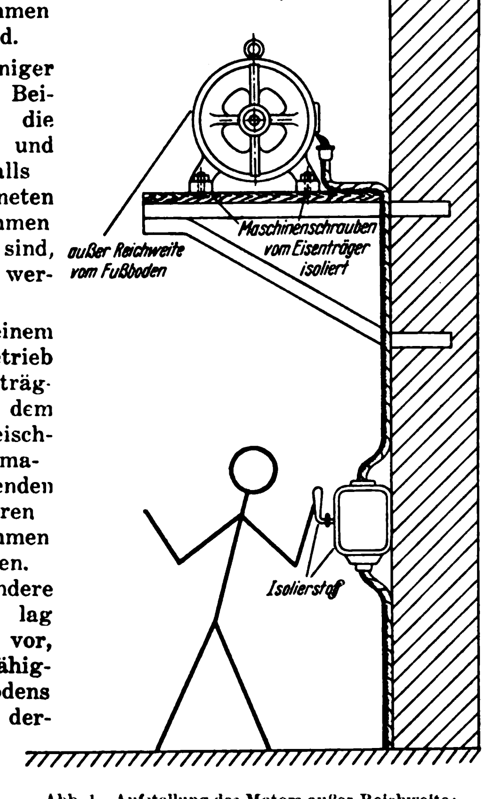
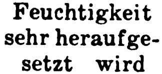


Abb. 1. Aufstellung des Motors außer Reichweite; isolierte Schaltorgane.

A. In einem Schlächtereibetrieb waren nachträglich für die dem Antrieb der Fleischbearbeitungsmaschinen dienenden Elektromotoren Schutzmaßnahmen vorzuschlagen. Eine „besondere Gefährdung" lag offensichtlich vor, da die Leitfähigkeit des Fußbodens durch die in derartigen Betrieben bedingte  Feuchtigkeit sehr heraufgesetzt wird (Klasse C). Für die verschiedenen Motoren konnten hier unter Berücksichtigung der Netzverhältnisse (kein Nullleiternetz) und der entstehenden Kosten nachstehende Maßnahmen vorgeschlagen werden:

1. Für Motoren, die auf Holzkonsolen aufgestellt waren, konnte auf zusätzliche Schutzmaßnahmen gänzlich verzichtet werden, da
   a) die Maschinen außer Reichweite vom Fußboden standen und somit der zufälligen Berührung entzogen waren;
   b) die Gehäuse der Motoren nicht auf eine andere Weise mit dem Mauerwerk oder sonstigen Metallkonstruktionen in irgendeiner leitenden Verbindung (Maschinenschrauben auf dem Konsol) standen und somit der Berührung zugänglich waren, und
   c) die Netzstrom führenden Schaltorgane (Y△-Schalter, Hebelschalter, Sicherungskästen) Handgriffe und Abdeckhauben aus isolierenden Baustoffen hatten,

wie Abb. 1 zeigt.

2. Solche Motoren, für die die unter 1. genannten Aufstellungsbedingungen nicht zutrafen, konnten durch andere zuverlässige isolierende Abdeckungen der Berührung entzogen werden, auf deren mechanische Festigkeit besonderer Wert gelegt wurde (Abb. 2).

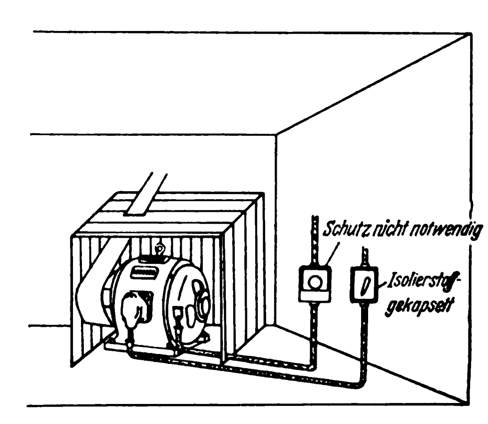


Abb. 2. Isolierende Abdeckung des Motors und Isolierung der Schaltorgane.

Für Läuferanlasser waren in diesen Fällen zusätzliche Schutzmaßnahmen entbehrlich, da infolge der elektrischen Trennung der Läufer- und Ständerwicklungen eine Berührungsspannung nur dann auftreten kann, wenn gleichzeitig drei Isolationsfehler (Ständerwicklung, Läuferwicklung, Anlasserwiderstände) bestehen, mit deren gleichzeitigem Auftreten kaum gerechnet werden kann. Voraussetzung war natürlich, daß Motor- und Anlassergehäuse nicht über Rohrmäntel oder dergl. in leitender Verbindung standen.

In den Fällen 1 und 2 konnten die Entziehung der zufälligen Berührung und die Isolierung der Schaltorgane als ausreichende und billigste Schutzmaßnahme angesehen werden.

3. Bei den Motoren, die eine Bürstenabhebevorrichtung besitzen, konnten diese Schutzmaßnahmen nicht angewendet werden. Durch die Bedienung der Bürstenabhebevorrichtung wird die Maschine betriebsmäßig großflächig umfaßt, und eine „besondere Gefährdung" liegt auch dann vor, wenn es sich um Räume der Klasse B handelt. Hier waren zusätzliche Schutzmaßnahmen nicht nur für die Motoren, sondern auch für sämtliche Schaltorgane erforderlich (Abb. 3).

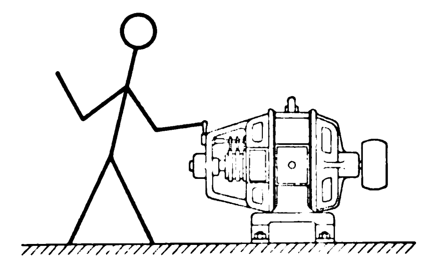


Abb. 3. Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen bei Motoren mit Bürstenabhebevorrichtung.

Als anzuwendende Schutzmaßnahme wurde hier für Motoren, die bis zu 20 A gesichert sind, die Schutzerdung über das Wasserrohrnetz zugelassen (der Erdungswiderstand war ausreichend klein), und für Motoren mit größeren Sicherungen die Schutzschaltung gefordert.

In einem Falle wurde erwogen, den Fußboden in der Nähe der Maschine und Bedienungsschalter durch einen entsprechenden Fußbodenbelag zu isolieren. Jedoch wurde von der Ausführung abge-

Digitized by Google

sehen, da diese Maßnahme im vorliegenden Falle mit Vorsicht anzuwenden war, weil praktisch nicht mit einer auf Jahre ausreichenden Beschaffenheit der Isolierung gerechnet werden konnte.

B. In einem Gaststättenbetrieb sollten für die elektrisch beheizten Kaffeemaschinen, Wurstkessel, Tauchsieder und ähnliche Geräte Berührungsschutzmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Sämtliche Geräte waren in der Nähe des metallverkleideten, geerdeten Schanktisches so angebracht, daß eine gleichzeitige Berührung der elektrischen Geräte und des Schanktisches durch das Bedienungspersonal zu erwarten war (Abb. 4). Obwohl es sich in diesem Falle um Räume der Klasse A handelte und auch die Leitfähigkeit der Standorte nicht heraufgesetzt war, lag eine besondere Gefährdung vor. Der Gefahrenzustand lag hier in der Möglichkeit der gleichzeitigen Berührung der elektrischen Geräte einerseits und des geerdeten Schanktisches anderseits durch das Bedienungspersonal. Diese Räume hatten somit die gleiche Wirkung wie Räume der Klasse C.

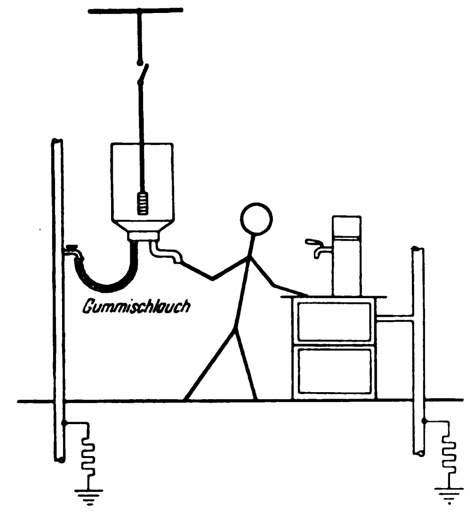


Abb. 4. Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen an einer Kaffeemaschine.

Mit Rücksicht auf diese Gefährdung waren hier zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich.

Für die ortsveränderlichen Geräte wurde der Anschluß über Schutzkontaktsteckdosen empfohlen und die Schutzerdung (kein Nulleiternetz) über das Wasserrohrnetz, dessen Erdungswiderstand ausreichend war, vorgeschlagen.

II. Schutzmaßnahmen an zwangsläufig geerdeten Geräten.

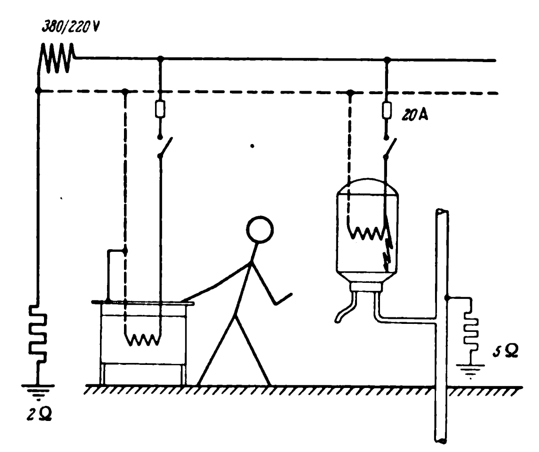
Während bei den Geräten der ersten Hauptgruppe die Auswahl der Schutzmaßnahmen fast nur nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu erfolgen hat, liegen die Verhältnisse bei den Geräten der zweiten Hauptgruppe, die zwangsläufig geerdet sind, grundsätzlich anders und auch meistens schwieriger.

Die zwangsläufige Erdung elektrischer Geräte kann bedingt sein durch ihren konstruktiven Zusammenbau mit

a) einem Wasserrohrnetz,
b) einem Gasrohrnetz,
c) einem Kabelnetz (Bleimantel) und
d) sonstigen Metallkonstruktionen.

Zu den Geräten bzw. Anlagen, die in der Regel zwangsläufig geerdet sind, gehören

a) Heißwasserspeicher, Durchlauferhitzer, Waschmaschinen u. ä.,
b) Elektropumpen in Haus-Wasserversorgungsanlagen,
c) elektrische Pumpen für Frisch- und Abwässer und für sonstige Flüssigkeiten (Brennstoff, Milch usw.),
d) elektrisch angetriebene und gasbeheizte Bügelmaschinen,
e) elektrische Einrichtungen in Tankstellen,
f) starkstromtechnische Einrichtungen in Fernsprechzellen,
g) Krane, Hebebühnen u. ä.



2 Ω Erdungswiderstand des Nulleiters — 5 Ω Erdungswiderstand des Wasserrohrs

Abb. 5. Berührungsspannungen durch zwangsläufige Erdung ohne Verbindung mit dem Nulleiter.

Bezüglich des Erdausbreitungswiderstandes der zwangsläufigen Erdung soll zunächst relativ unterschieden werden in solche Erder, die entsprechend der VDE-mäßigen Hauptbemessungsformel für Schutzerder[4])

$$\frac{65\ \text{V}}{2{,}5 \cdot \text{Sicherungsnennstromstärke}}$$

einen

1. unzureichenden oder
2. ausreichenden

Erdungswiderstand besitzen.

Ferner muß unterschieden werden in solche Erder, die für Erdungszwecke

a) mitbenutzt oder
b) nicht verwendet

werden können bzw. dürfen.

An Hand einiger praktischer Beispiele sollen auch diese Anlagen in bezug auf ihre „besondere Gefährdung" und die anzuwendenden Schutzmaßnahmen betrachtet werden. Allen Beispielen soll jedoch vorausgestellt werden, daß in den Anlagen, in denen ein für die Nullung zugelassener Nulleiter mitgeführt wird, eine Nullung der zwangsläufig geerdeten Geräte, unabhängig vom Erdungswiderstand des zwangsläufigen Erders, zusätzlich durchgeführt werden muß, da reine Erdungen ohne Verbindung mit dem Nulleiter ohnehin unzulässig sind[5]), zumal von zusätzlichen Kosten kaum die Rede sein kann. Andernfalls können nicht nur Berührungsspannungen an dem geerdeten Gerät, sondern auch an dem Nullleiter und allen übrigen genullten Geräten auftreten (Abb. 5).

Aus Abb. 5 ist ersichtlich, daß bei einem Körperschluß des Speichers die Wasserleitung eine Berührungsspannung von

$$U_{B_W} = \frac{U_{ph}}{R_0 + R_W} R_W = \frac{220}{2+5} 5 = 157\ \text{V}$$

und der Nulleiter und alle genullten Geräte eine Berührungsspannung von

$$U_{B_0} = \frac{U_{ph}}{R_0 + R_W} R_0 = \frac{220}{2+5} 2 = 63\ \text{V}$$

annehmen.

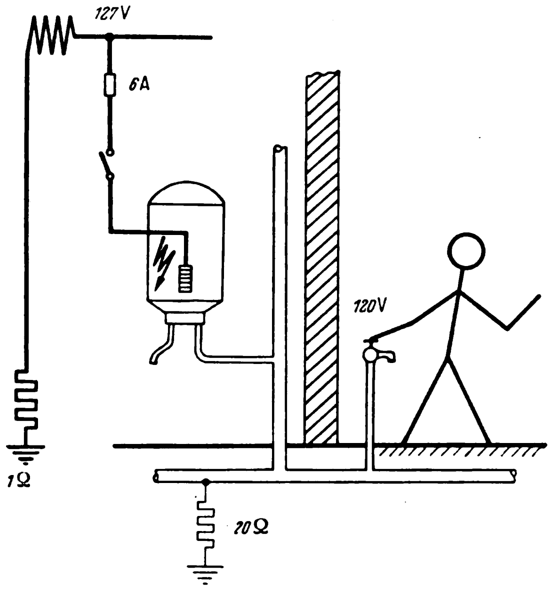
[4]) Vgl. VDE 0140 § 8 bis 9 und Schrank, ETZ 58 (1937) S. 778.
[5]) Vgl. VDE 0140 § 12.

Digitized by Google

Weitere Überlegungen ergeben, daß die Berührungsspannung des Nulleiters um so größer wird, je kleiner der Erdungswiderstand des Wasserrohrnetzes wird. Das ist auch der engere Grund, warum nach den VDE-Vorschriften reine Erdungen ohne Verbindung mit dem Nulleiter unzulässig sind.

1. Geräte mit unzureichendem Erdungswiderstand der zwangsläufigen Erdung.

A. Eines der verbreitetsten elektrischen Geräte, das meistens einer Schutzmaßnahme bedarf, ist der Heißwasserspeicher. Die in der Regel vorhandene, durch die Konstruktion bedingte metallische Verbindung des Speicherkörpers mit der Frischwasserleitung verleitete fast immer den Installationstechniker zu der Annahme, eine ausreichende Schutzmaßnahme zwangsläufig angewandt zu haben. Ob diese Schutzmaßnahme „Erdung" im Sinne der VDE-Vorschriften ausreichend oder zulässig ist, wurde meistens nicht besonders untersucht. Die vor einigen Jahren im Versorgungsgebiet der BEWAG in dieser Richtung durchgeführten Untersuchungen ergaben, daß allerdings im allgemeinen auf weitere zusätzliche Schutzmaßnahmen verzichtet werden kann, da der Erdausbreitungswiderstand des öffentlichen Wasserrohrnetzes als ausreichend befunden wurde.



127 V Phasenspannung
1 Ω Erdungswiderstand der Betriebserdung
20 Ω Erdungswiderstand des Wasserrohrs
120 V Berührungsspannung am Wasserzapfhahn

Abb. 6. Verschleppung von Berührungsspannungen durch zwangsläufige Erdung.

Wesentlich anders liegen jedoch die Verhältnisse, wenn das Wasserrohrnetz einen unzulässig hohen Erdungswiderstand besitzt, wie es in einzelnen Fällen vorkommt, z. B. bei Verwendung von Austauschstoffen für die Wasserrohre, wie Eternitrohre, bitumierte Eisenrohre u. ä. Hier wurden Erdungswiderstände bis zu 200 Ω gefunden. Im Fehlerfalle können hier Berührungsspannungen nicht nur an dem Speicher, sondern auch an allen mit der Wasserleitung in Verbindung stehenden Metallteilen (Wasserhähnen, Zentralheizkörpern usw.) auftreten, die außerdem noch auf entfernt liegende Gebäudeteile, ja sogar auf benachbarte Gebäude übertragen werden können (Abb. 6).

In den Anlagen ohne Nulleiter sind folgende Schutzmaßnahmen mit Erfolg angewandt worden:

1. Es wurde versucht, den Erdausbreitungswiderstand des Wasserrohrnetzes in den fraglichen Häusern durch eine Verbindung des Hauswasserrohrnetzes mit dem Kabelbleimantel des Hausanschlußkabels so zu vermindern, daß ein ausreichend kleiner Gesamterdungswiderstand zustande kam. In vielen Fällen konnten zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden.
2. In den Fällen, in denen diese Maßnahmen erfolglos blieben oder Freileitungs-Hausanschlüsse vorhanden waren, wurde die Schutzschaltung angewandt. Der Hilfserder mußte an einer Stelle außerhalb des im Fehlerfall auftretenden Spannungstrichters errichtet werden. Oftmals konnte auch der Bleimantel des Hausanschlußkabels als Hilfserder verwendet werden, wenn sich ergab, daß er außerhalb des Spannungstrichters lag und eine unerwünschte Verbindung mit dem Wasserrohrnetz, die einen Kurzschluß der Fehlerstromspule zur Folge hat, nach Lage der Dinge nicht zu erwarten war (Abb. 7).

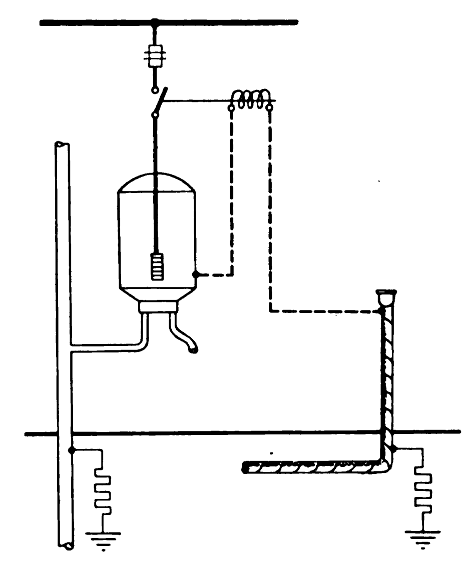


Abb. 7. Schutzschaltung eines geerdeten Heißwasserspeichers.

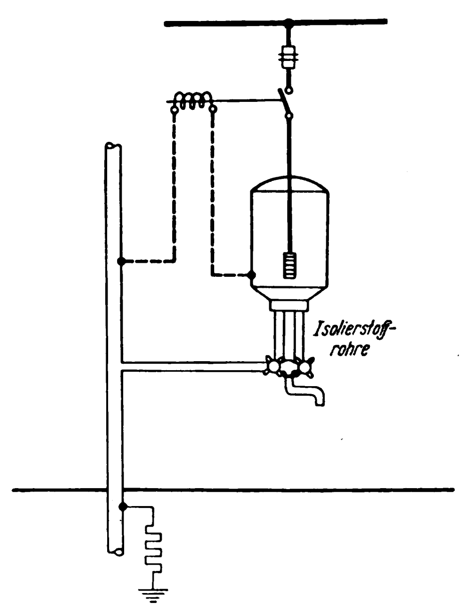


Abb. 8. Einwandfreie Schutzschaltung eines Heißwasserspeichers.

3. In anderen Fällen konnte der Speicherkörper durch Verwendung von Hartporzellan- oder Glasrohren als Verbindungsrohre zwischen Speicher und Mischbatterie von der Wasserleitung elektrisch getrennt werden, so daß sich hier ganz normal die Schutzschaltung anwenden ließ unter Zuhilfenahme des Wasserrohrnetzes als Hilfserder (Abb. 8). *(Schluß folgt.)*

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.398.064 : 621.311.027.3

Die Rückwirkung der Transkommandotastung auf Drehstromnetze. [Nach V. Aigner u. K. Hessenberg, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 7, S. 419; 20½ S., 25 Abb.]

Bei der für die Transkommandotastung verwendeten einpoligen Unterbrechung eines beliebig belasteten Drehstromnetzes wirken die im Netz umlaufenden synchronen und asynchronen Drehstrommotoren im Sinne einer teilweisen Aufrechterhaltung der Spannungssymmetrie, die um so schlechter wird, je höher die mechanische Belastung der Motoren und je geringer die Erregung der synchronen Maschinen ist. Für die rechnerische und zeichnerische Ermittlung der gegenläufigen Spannungskomponente U_G und der durch sie bedingten Verzerrung des Spannungsdreiecks werden Formeln und Vektorbilder angegeben. Es zeigt sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Netzversuchen, daß in fast allen vorkommenden Fällen bei Unterbrechung des Stromes im Leiter *R* die verkettete Spannung zwischen dem Leiter *R* und dem im Sinne des Drehfeldes nachfolgenden Leiter *S* abgesenkt wird, während die Spannung zwischen den Leitern *R* und *T* sich nur wenig ändert (meist im Sinne einer Spannungsverminderung). Die Spannung zwischen den Leitern *S* und *T* erfährt praktisch keine Veränderung. Unter der Voraussetzung, daß bei einer sehr kurzzeitigen Unterbrechung eines Leiters (wenige Halbwellen) Drehzahl- und Winkeländerung der Motoren nicht berücksichtigt zu werden brauchen, ergibt sich eine einfache Beziehung zwischen der auftretenden Spannungsgegenkomponente, d. h. also der Verzerrung des Spannungsdreiecks, und dem gesamten, bei dreipoliger Speisung fließenden symmetrischen Betriebsstrom.

Elektrische Maschinen.

DK 621.314.21 : 621.314.65

Die wirksamen Streuinduktivitäten von Gleichrichter-Umspannern. [Nach W. Ostendorf, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 7, S. 440; 18 S., 15 Abb.]

Alle Gleich- und Wechselrichteranlagen enthalten als wesentlichen Bestandteil einen Umspanner, dessen Aufgabe es ist, die Spannungen des Gleichstrom- und des Wechselstromnetzes aneinander anzugleichen und zur Herabsetzung der Oberwellen in der Gleichspannung und im Wechselstrom die Phasenzahl der dem Stromrichter zugeführten Wechselspannung gegenüber der des Netzes zu erhöhen. Besonders die letztgenannte Aufgabe des Umspanners führt zu einer Vielheit von Gleichrichter-Schaltungen, denn eine Erhöhung der Phasenzahl läßt sich auf sehr mannigfache Weise erreichen. Kennzeichnend für Gleichrichter-Umspanner ist es, daß bei ihnen im Gegensatz zu Umspannern für andere Verwendungszwecke einige Wicklungen während eines erheblichen Teiles jeder Periode stromlos sind. Beim idealen Umspanner, der keine Streuung und keinen Widerstand besitzt, würde der Strom in diesen Wicklungen sprunghaft einen bestimmten Wert annehmen, wenn der Lichtbogen an der zugehörigen Anode des Gleichrichters zündet, und ebenso sprunghaft wieder zu Null werden, wenn er erlischt.

Bei technischen Umspannern sind infolge der Streufelder sprunghafte Stromänderungen in den einzelnen Wicklungen nicht möglich. Es treten „Überlappungen" der Anodenströme des Gleichrichters auf, die einen Gleichspannungsabfall zur Folge haben. Die Vorausberechnung dieses Spannungsabfalles ist beim Entwurf von Gleich- und Wechselrichteranlagen sehr wichtig, sie setzt aber die Kenntnis der oft sehr verwickelten Streuungsverhältnisse im Gleichrichter-Umspanner voraus. In der Arbeit wird gezeigt, wie man auf verhältnismäßig einfache Weise die wirksamen Streuinduktivitäten des Umspanners dadurch ermitteln kann, daß man ihn nach der Theorie der Mehrwicklungs-Umspanner[1]) behandelt. Trotz der oft großen Wicklungszahl der Gleichrichter-Umspanner kommt man meist mit ihrer Behandlung als Zwei- oder Dreiwicklungs-Umspanner aus, da selten alle Wicklungen gleichzeitig Strom führen. Für diese gelten sehr einfache Ersatzschaltbilder. Aus Kurzschlußversuchen zu ermittelnde Streuinduktivitäten können den zugehörigen Wicklungen vorgeschaltet gedacht werden, Gegeninduktivitäten brauchen nicht berücksichtigt zu werden. Der Umspanner selbst ist dann als streuungslos zu behandeln. Die Wirkung der so ermittelten Streuinduktivitäten ist ähnlich wie die von Anodendrosseln. Man kann daher die Streuinduktivitäten durch „gleichwertige Anodendrosseln" ersetzen. Da man den Einfluß von Anodendrosseln auf den Spannungsabfall seit langem kennt, ist damit das Problem des Spannungsabfalles durch die Streuung der Gleichrichter-Umspanner gelöst.

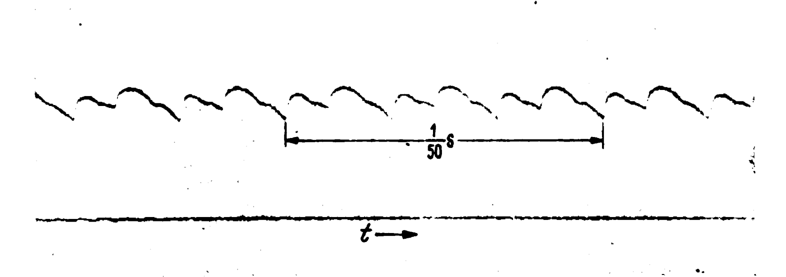


Abb. 1. Oszillogramm der Gleichspannung eines Gleichrichters mit sechsphasiger Gabelschaltung bei Nennbelastung.

Die Berechnung „gleichwertiger Anodendrosseln" wird für alle in den „Regeln für Stromrichter" (VDE 0555/1936) angegebenen und eine Reihe weiterer Schaltungen durchgeführt und gezeigt, daß sie durch sehr einfache Kurzschlußversuche zu finden sind. Bei einigen der in den VDE-Regeln angegebenen Schaltungen genügen die dort vorgesehenen Kurzschlußversuche, bei anderen sind zusätzliche Kurzschlußmessungen erforderlich. Bei einigen Schaltungen mit mehr als drei Teilwicklungen je Schenkel, für welche die sechsphasige Gabelschaltung ein einfaches und kennzeichnendes Beispiel ist, sind die für den Übergang des Stromes von einer Anode auf die zweite maßgebenden Streuinduktivitäten verschieden von denen, die beim Übergang von der zweiten auf die dritte wirksam sind. Solche Schaltungen zeigen bei Belastung Unsymmetrien. Es wechselt bei ihnen je ein großer Überlappungswinkel mit einem kleinen ab. Dadurch treten in der Gleichspannungskurve Oberwellen von einer Frequenz auf, die nur halb so groß ist, wie es der Anodenzahl und der Netzfrequenz entspricht. Abb. 1 zeigt als Beispiel ein an einem belasteten Gleichrichter in sechsphasiger Gabelschaltung aufgenommenes Oszillogramm der Gleichspannung. Man erkennt deutlich, daß die Spannung eine erhebliche dritte Oberwelle aufweist, die natürlich im Leerlauf nicht vorhanden war.

Die Streuung der Gleichrichter-Umspanner bewirkt außer dem Gleichspannungsabfall bei Belastung auch eine Begrenzung des Gleichrichter-Kurzschlußstromes. Auch in dieser Beziehung ist ihre Wirkung der von Anodendrosseln vergleichbar. Es lassen sich daher mit Bezug auf die Begrenzung des Kurzschlußstromes ebenfalls gleichwertige Anodendrosseln einführen, die man ähnlich wie die für den Spannungsabfall maßgebenden Anodendrosseln aus dem Ersatzschaltbild des Mehrwicklungs-Umspanners ermitteln kann. Eine Durchrechnung zeigt, daß bei vielen Schaltungen die den Kurzschlußstrom begrenzenden gleichwertigen Anodendrosseln denselben Wert haben wie die für den Spannungsabfall maßgebenden, daß sie bei anderen Schaltungen jedoch von diesen abweichen. Bei sechsphasiger Doppelstern-Schaltung ergibt sich z. B. für die Wicklungsanordnung der Abb. 2 a ein weniger als halb so großer Kurzschlußstrom wie bei der Anordnung nach Abb. 2 b, wenn der Spannungsabfall im normalen Betriebe bei beiden Wicklungsarten der gleiche ist.

[1]) W. Ostendorf, Ersatzschaltbilder für Mehrwicklungs-Umspanner. ETZ 60 (1939) H. 28, S. 831.

Digitized by Google

Zur Vorausbestimmung des Gleichrichter-Kurzschlußstromes aus Messungen am Gleichrichter-Umspanner ist ein Kurzschlußversuch bei Kurzschluß sämtlicher Sekundärklemmen des Umspanners erforderlich. Mit den in den VDE-Regeln vorgesehenen Kurzschlußversuchen, die z. B. bei sechsphasigen Schaltungen dreipolige Kurzschlußversuche vorschreiben, kommt man also auch hier nicht aus. Die Sechsphasen-Gabelschaltung erweist sich auch im Kurzschluß als vollkommen unsymmetrisch. Die Kurzschlußströme bilden anstatt eines regelmäßigen Sechsphasensystems zwei um einen vom Aufbau des Umspanners abhängigen Winkel gegeneinander verdrehte Dreiphasensysteme.

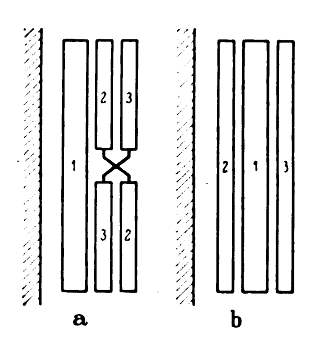


Abb. 2. Wicklungsanordnungen eines Umspanners mit sekundärer Doppelstern-Schaltung.

Die den Kurzschlußstrom begrenzenden und die den Spannungsabfall erzeugenden „gleichwertigen Anodendrosseln" sind bei gesteuerten Gleich- und Wechselrichtern in derselben Weise wirksam wie bei ungesteuerten Gleichrichtern. Der Einfluß der Netzinduktivitäten läßt sich in dem Werte dieser Drosseln berücksichtigen.

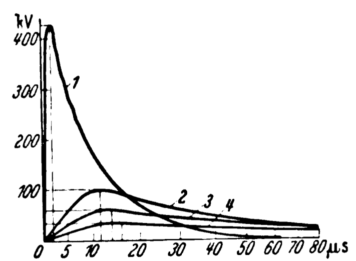
Geräte und Stromrichter.

DK 621.316.936

Der Kondensator als Überspannungsschutz. [Nach A. Métraux, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 17; 3½ S., 8 Abb.]

Der Verfasser zeigt, daß elektrische Anlagen (abgesehen von Widerstandsableitern) auch durch Verwendung zweckmäßiger Kondensatoren vor stoßhaften Überspannungen geschützt werden können. Trifft eine Stoßwelle auf einen hinreichend großen Kondensator, so wird dieser (der Zeitkonstanten entsprechend) plötzlich aufgeladen und ist somit in der Lage, einen Teil der Wanderwellenenergie aufzunehmen, wodurch der stoßartige Charakter der Überspannung genommen wird. Selbstverständlich ist, daß ein solcher Kondensator sowohl in seiner Kapazitätsgröße als auch in seiner elektrischen Festigkeit ausreichend bemessen sein muß.

Die Schutzwirkung wurde mit Kapazitäten von 0,05, 0,1 und 0,2 µF untersucht, die über eine Freileitung von 1 km Länge an die Stoßanlage angeschlossen waren. Für die Spannungsstöße kamen Wellenformen 1|7 bis 1|700 µs (IEC-Bezeichnung) zur Verwendung. Die Oszillogramme der Spannungsverläufe, die sowohl an einer Durchgangsstelle als auch am Ende der Freileitung aufgenommen wurden, zeigen mit Kondensatorschutz eine beträchtliche Verminderung der Scheitelspannung, ganz besonders aber der Stirnsteilheit. In Abb. 3 ist eine der



1 ungeschützt einfallender Stoß, 243 kV, 1|7 µs, reflektiert auf 426 kV
2 geschützt durch Kondensator von 0,05 µF
3 geschützt durch Kondensator von 0,1 µF
4 geschützt durch Kondensator von 0,2 µF

Abb. 3. Stoßspannungen in der Kopfstation.

charakteristischen Stoßformen mit und ohne Schutz wiedergegeben. Aus der Wirkungsweise eines solchen Schutzes ergibt sich, daß die Verflachung der Überspannungswelle bei kurzen Wellen ganz besonders gut ist; bei großen Halbwertdauern wird die Verschleifung entsprechend geringer. Die Arbeit enthält weiter noch kurze Angaben über Rückwirkungen von Überschlägen in der Leitung auf eine Transformatorstation.

Ein Schutzkondensator läßt sich bei entsprechender Ausbildung gleichzeitig auch als Spannungsteiler für Meßzwecke sowie als Kopplungskondensator für Hochfrequenzübertragung verwenden. Da die Herstellungskosten für einen ausreichend bemessenen Schutzkondensator im Vergleich zum Widerstandsableiter verhältnismäßig hoch sind, hat es den Anschein, daß er sich nur in Verbindung mit solchen zusätzlichen Aufgaben wird durchsetzen können. Ob dies in befriedigendem Maße möglich sein wird, läßt sich noch nicht ohne weiteres übersehen. Immerhin zeigt sich, daß man auch von dieser Seite aus den atmosphärischen Überspannungen wirksam entgegentreten kann. *Bkm.*

DK 621.319.4.017

Verluste und Wirkungsgrad bei der Ladung von Kondensatoren. [Nach Richard Bauch, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 25; 9½ S., 14 Abb.]

Die Untersuchung geht von dem Grundgesetz aus, nach dem zwischen dem Ladestrom i, der Kapazität K und der Kondensatorspannung u die Beziehung besteht $i = K\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$. Wird der Kondensator durch eine konstante Treibspannung E über einen Widerstand R geladen, dann ist nach vollendeter Ladung in ihm die Arbeit aufgespeichert

$$A_k = K\int U\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}\,\mathrm{d}t = \frac{1}{2}E^2K.$$

Die Quelle hat inzwischen die Leistung $E \cdot i$ aufgebracht, so daß die Arbeit der Quelle A_q und die Verluste A_v sind:

$$A_q = \int E\,i\,\mathrm{d}t = E^2K; \quad A_v = \frac{1}{2}E^2K.$$

Selbst wenn man den Strom durch die bekannte Formel $i = \frac{E}{R}\,\varepsilon^{\alpha t}$ ausdrückt, worin $\alpha = -\frac{1}{KR}$ ist, und $i^2 R$ integriert, erhält man für A_v keinen Ausdruck, der R enthält. Mit anderen Worten: Es treten Verluste ohne Verlustursache auf. Das steht anscheinend im Widerspruch zum Robert Mayerschen Gesetz von der Erhaltung der Arbeit. Entladet man diesen Kondensator in einen zweiten, gleich großen, dann nimmt jeder die Spannung $1/2\ E$ an, die in jedem aufgespeicherte Ladearbeit ist $1/8\ E^2 K$. Mithin sind die Verluste $3/4\ E^2 K$. Entladen wir aber den Kondensator über einen Widerstand, dann wird in ihm die gesamte Ladearbeit A_k als Wärme wieder gewonnen. Laden wir aber die Kapazität periodisch durch eine Wechselspannung, dann sind bekanntlich die Verluste vom Widerstand usw. abhängig. Ein anderer alltäglicher Fall: Eine lange, am Ende offene Leitung wird an eine Gleichspannungsquelle gelegt. Am Ende wird die Spannung reflektiert, so daß mit dem Ende des zweiten Taktes bei Verlustlosigkeit die Leitung auf die doppelte Treibspannung aufgeladen ist. Hierbei ist die Quellenarbeit nur gleich der in der Leitungskapazität aufgespeicherten Ladearbeit.

Nennen wir $A_k/A_q = \eta$, dann haben wir

im ersten Fall stets . . . . . . $\eta = 50\%$
im zweiten Fall stets . . . . . $\eta = 25\%$
im dritten Fall stets . . . . . . $\eta = 100\%$
im vierten Fall verschieden . . $\eta = 0$ bis 100%
im fünften Fall bei Verlusten . . $\eta = 0$ bis 100%.

Diese Verschiedenheiten zeigen, daß es möglich ist, die Größe von η beliebig zu bemessen. Am nächsten liegt der Gedanke, den Ladevorgang abzubrechen, ehe die volle Gleichspannung der Quelle am Kondensator erreicht ist. Da aber beim Abbruch der Ladung zur Zeit $t = \tau$

$$\eta = \frac{A_k}{A_q} = \frac{1}{2}\left(1 - \varepsilon^{\alpha\tau}\right)\cdot 100 \text{ in } \%$$

ist, erreicht man hierdurch nur eine Verschlechterung.

Einen Schritt weiter führt uns die Umladung. Der auf $+E$ aufgeladene Kondensator wird über R an die Gleichspannung $-E$ gelegt. Der Vorgang ist dann im Prinzip derselbe wie im ersten Fall, nur ist der Strom doppelt so groß. Die Arbeitsverteilung auf die beiden Hälften des Vorganges ist verschieden, je nachdem, ob der Kondensator von $+E$ bis 0 entladen oder von 0 bis $-E$ aufgeladen wird.

Der Kondensator ist nicht imstande, sich selber in die Quelle zu entladen, also Rückwärtsarbeit zu leisten, sondern er braucht hierzu die kräftige Hilfe der Quelle.

Legt man die Gleichspannung E statt auf einmal in $m = n + 1$ gleich hohen Stufen mit gleichen Zeitabständen τ an den von R und K gebildeten Kreis, dann klingt der von jeder Stufe erzeugte Teilstrom i'_n nach demselben Gesetz ab wie in der ersten Stufe. Ist t die Zeit vom Einschalten der ersten Stufe her, dann ist

$$i'_n = \frac{E}{m\,R}\,\varepsilon^{\alpha(t - n\tau)}.$$

Digitized by Google

Der gesamte Strom ist dann gleich der Summe aller Einzelströme und die Kondensatorspannung u_n gleich dem Integral dieser Summen

$$i_n = \frac{E}{mR}\,\varepsilon^{\alpha t}\sum_0^n \varepsilon^{-\alpha n \tau},\quad u_n = \frac{E}{m}\left[(n+1) - \varepsilon^{\alpha t}\sum_0^n \varepsilon^{-\alpha n \tau}\right].$$

Um den Einfluß der Stufung auf die Arbeiten und den Wirkungsgrad leichter übersehen zu können, nehmen wir an, daß τ so groß sei, daß praktisch $i'_n = 0$ geworden ist, ehe die nächste Stufe eingeschaltet wird. Dann ist nach vollendeter Aufladung durch alle m Stufen

$$A_v = \frac{1}{2}E^2K\cdot\frac{1}{m} \quad \text{und} \quad A_q = A_k + A_v = \frac{1}{2}E^2K\left(1+\frac{1}{m}\right).$$

Mithin ist

$$\eta = \frac{m}{m+1}\cdot 100 \quad \text{in } \%.$$

Bei fünf Stufen ist also η bereits auf 83,3% gestiegen.

Macht man E/m und τ sehr klein, dann geht die „Spannungstreppe" in eine schräg ansteigende, gerade Linie über, so daß wir den Spannungsgradienten E_m/T_m der Rechnung zugrunde legen können, worin E_m den Wert bezeichnet, den die Treibspannung zu einem beliebigen Zeitpunkt T_m angenommen hat. Es ist dann der „einzelne Stufenstrom" proportional

$$-\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{E_m}{T_m}\frac{1}{R}\varepsilon^{\alpha t}.$$

Durch Integration erhalten wir den Ladestrom, der nach einiger Zeit zu einem Maximum angewachsen ist, so daß dann die Kondensatorspannungskurve parallel zu der der Treibspannung verläuft. Entwickelt man die drei Arbeiten, dann erhält man Formeln, die wenig übersichtlich sind. Doch kann man sie von einer gewissen Größe von αT an vereinfachen, ohne einen großen Fehler bei der zahlenmäßigen Auswertung zu begehen. Danach sind

$$A_k = \frac{I^2}{2\,\alpha^2 K}\left[\alpha T + 1\right]^2$$

$$A_v = \frac{I^2}{2\,\alpha^2 K}\left[-3 - 2\,\alpha T\right] = \frac{1}{2}I^2R\left[3 + 2\,\alpha T\right]$$

$$A_q = \frac{I^2}{2\,\alpha^2 K}\left[\alpha^2 T^2 - 2\right]$$

$$\eta = \frac{(1+\alpha T)^2}{\alpha^2 T^2 - 2}.$$

Obwohl in der Gleichung von A_v der Widerstand diese Arbeit ihm proportional zu machen scheint, hat er auch hier keine Hauptbedeutung, wie aus η hervorgeht. Ausschlaggebend ist vielmehr αT. Wir müssen also, um einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen, dieses groß machen, d. h. den Spannungsgradienten und den Widerstand klein halten. Noch günstiger wird es, wenn wir nicht die stetig steigende Treibspannung abschalten, nachdem der Kondensator auf die erwünschte Spannung gekommen ist, sondern die Steigerung abbrechen, nachdem sie die Spannung erreicht hat, die der Kondensator haben soll, d. h. von diesem Wert der Treibspannung an sie konstant halten. Der Strom klingt dann in bekannter Weise ab, so daß dadurch die Verluste kleiner werden.

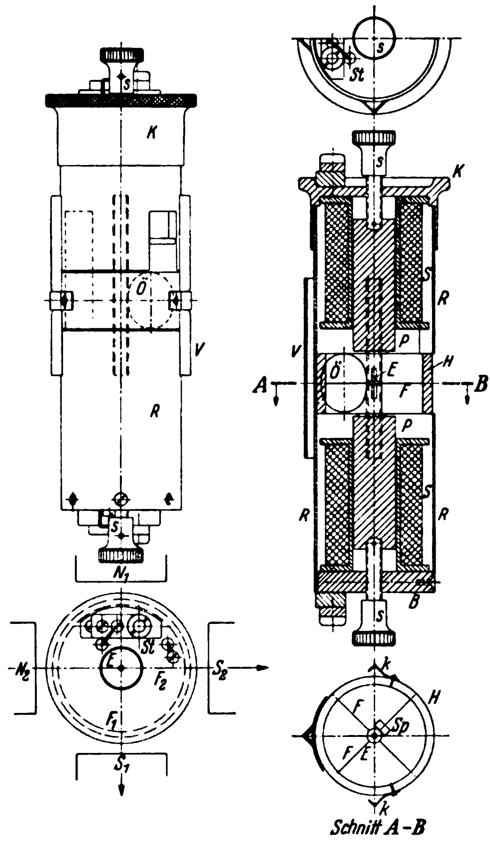
Man ist zu der Annahme versucht, daß auch bei konstanter Treibspannung der Wirkungsgrad dadurch verbessert werden kann, daß man außer R auch eine Induktivität L in den Ladekreis schaltet, weil hierdurch der auf R und K entfallende Teil der Treibspannung veränderlich wird. Das ist aber nur bedingt der Fall. Bei vollem Abklingen des Vorganges ist stets $\eta = 50\%$. Unterbricht man aber den Ladevorgang nach Ablauf einer halben Periode, dann ist eine Verbesserung von η möglich. *eh.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.35

Ein neuer Koordinatenschreiber. — Wer die Charakteristik der Elektronenröhre oder etwa eine Resonanzkurve oder die Hysteresisschleife oder auch die verschiedenen Formen von Drehfeldern: Kreis, Ellipse, Schleifenlinie, in rechtwinkligen Koordinaten sichtbar machen will, der benutzt dazu vielfach das Braunsche Rohr. Wem aber das Braunsche Rohr mit den dazu gehörenden Nebengeräten zu teuer ist oder bei der Handhabung zu empfindlich (es besteht aus Glas und braucht zum Betriebe höhere Spannungen), der verwendet bei niederen Frequenzen mit Vorteil den Koordinatenschreiber. Die Koordinatenschreiber bestehen meist aus zwei Drehspulmeßwerken, deren Drehachsen im Raume rechtwinklig zueinander stehen, auf ihrer Achse je einen Spiegel tragen und einen Lichtstrahl auf die Bildfläche werfen.

Der neue Koordinatenschreiber ist ein Weicheiseninstrument (Abb. 4) und besteht aus einem Messingrohr R, in welchem zwei Spulen S einander gegenüber liegen. Zwischen den Polen P, deren gegenseitige Entfernung mittels der Schrauben s verändert werden kann, schwebt ein etwa 1 cm langes Rundeisenstück E von rd. 1 mm Dicke als bewegliches Organ waagerecht. Das Eisen E wird in dem Hartgummirohr H mit zwei darin rechtwinklig zueinander ausgespannten Seidenfäden F in der Mitte zwischen den Polen P in der Schwebe gehalten. Ein Lichtstrahl, der durch die Öffnungen $Ö$ des Messingrohres R auf den Spiegel Sp geworfen wird, gibt sein Bild auf den außerhalb des Rohres liegenden Projektionsschirm weiter. Der Schnitt $A-B$ der Abb 4.



S, P Gleichstrom-Elektromagnete (Richtkraft!) *Sp* Spiegel
R Experimentierrohr *E* bewegliches Eisenstäbchen
N_1 N_2, S_1 S_2 Feldmagnete für die Ablenkung

Abb. 4. Koordinatenschreiber.

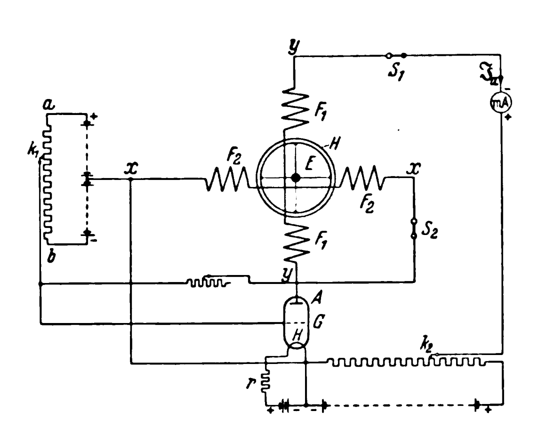
zeigt, daß das Hartgummirohr H von der Seite her in das Messingrohr eingefügt und ausgewechselt werden kann; es hält sich mit den Klammern k an den Verstärkungen V des Messingrohres fest. Den Magnetspulen S wird an den Steckkontakten St Gleichstrom zugeführt, so daß die Pole P das Eisen E in der waagerechten Ruhelage festhalten.

Bringt man das Rohr R nun symmetrisch zwischen die vier Pole N_1, N_2, S_1, S_2, welche je nach Art des Versuchs entweder mit Wechselstrom oder mit Gleichstrom gespeist werden, so wird das Eisenstäbchen E von beiden Feldern F_1 und F_2 aus seiner Ruhelage abgelenkt, bei Wechselstrom vibriert es.

Will man z. B. die Kennlinie einer Elektronenröhre auf den Bildschirm zeichnen, so speist man die senkrechten Feldspulen F_1 mit dem Anodenstrom I_a nach Abb. 5 und legt die waagerechten Feldspulen F_2 an die veränderliche Gitterspannung $a-b$ an, derart, daß das Gitter durch Null hindurch negatives bis positives Potential erhält. Öffnet man den Schalter S_1 und bewegt den Schleifkontakt k_1 von a nach b, so dreht sich das Eisenstäbchen E aus der gezeichneten Ruhelage in der waagerechten Ebene $x-x$. Öffnet man dagegen den Schalter S_2 und ändert bei k_2 die Anodenspannung, so dreht sich das Eisenstäbchen E in der zur Abszisse $x-x$ senkrechten Ordinatenebene $y-y$. Ändert man bei geschlossenen Schaltern S bei k_1 die Gitterspannung, so zeichnet der vom Spiegel Sp (Abb. 4) des beweglichen Organs auf einen Bildschirm geworfene Lichtpunkt die bekannte Kennlinie der Elektronenröhre.

Digitized by Google

Will man z. B. die Vorgänge beim Synchronisieren zweier Wechselspannungen zeigen, so speist man die Feldspulen F_1 F_2 mit gleichen Feldamplituden. Bei Phasengleichheit zeigt das Bild einen Strich, vor- und nachher die bekannten Ellipsen bzw. den Kreis. Stehen die Frequenzen der beiden Wechselspannungen im Verhältnis 1:2, so entsteht die Schleife usw. Entsprechend andere Schaltungen müssen gewählt werden, um Resonanzkurven oder Hysteresisschleifen zu zeigen, worüber an anderer Stelle berichtet werden soll.



H Hartgummirohr *G* Elektronenröhre
E bewegliches Eisenstäbchen F_1 F_2 Feldspulen für die Ablenkung

Abb. 5. Schaltung für die Aufzeichnung der Kennlinien einer Elektronenröhre.

Zum Schluß sei bemerkt, daß die Aufhängung des beweglichen Organs an den Seidenfäden nicht etwa mechanisch besonders empfindlich ist. Sie ist nicht gerissen, obwohl viele der genannten Versuche seit etwa Jahresfrist dauernd damit durchgeführt wurden. Die Eigenfrequenz des beweglichen Organs liegt bei etwa 30 Hz. Der neue Koordinatenschreiber hat als Weicheisen-Instrument die Nachteile dieser Type, aber auch alle Vorteile; vor allem ist er für Gleich- und Wechselstrom zu gebrauchen. Das Bild war bei der verwendeten optischen Einrichtung in 2 m Entfernung des Schirms vom Instrument etwa 30 cm hoch und aus etwa 10 m Entfernung noch sehr deutlich sichtbar. Mit einem physikalischen Stativ läßt sich das Rohr Abb. 4 am Bodenende *B* in beliebiger Versuchsanordnung leicht aufstellen. Konrad Gruhn, Dresden.

DK 621.317.785

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die elektrischen Prüfämter[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905), wird mit Zustimmung des Reichsministers für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung und des Reichswirtschaftsministers folgende Anordnung erlassen:

Anordnung über die Beglaubigung instand gesetzter Elektrizitätszähler.

Vom 4. Februar 1939.

§ 1

Unter Instandsetzung eines Elektrizitätszählers im Sinne dieser Anordnung sind alle Änderungen an Zählerteilen zu verstehen, die Einfluß auf die Angaben des Zählers haben können. Es gehören dazu

Auswechslungen von und Veränderungen an

a) Magneten, Strom- und Spannungseisen,
b) Strom- und Spannungsspulen, Ankern, Kollektoren, Bürsten, Zählwerken,
c) Vor- und Nebenwiderständen, Lagersteinen, Übersetzungsrädern zwischen Schnecke und Zählwerk, Ober- und Unterlagern, Spurzapfen und der Schnecke

§ 2

Instand gesetzte Elektrizitätszähler dürfen nur dann durch die Elektrischen Prüfämter und deren Außenstellen amtlich beglaubigt werden, wenn sie einem beglaubigungsfähigen System angehören und den Bedingungen der §§ 3 bis 7 dieser Anordnung entsprechen.

§ 3

Erfordert die Instandsetzung eines Zählers die Auswechselung von Teilen der im § 1 unter a genannten Art, so müssen hierfür Originalersatzteile verwendet werden, d. h. Ersatzteile, die von der Herstellerfirma des Zählers stammen. Falls der Hersteller des Zählers diese Teile selbst von Dritten bezieht, so gelten die Waren des Dritten ebenfalls als Originalersatzteile.

§ 4

Teile der im § 1 unter b genannten Art können durch solche fremden Ursprungs ersetzt werden, die gewerbsmäßig hergestellt, nach den Vorschriften des § 5 von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zugelassen und mit einem Ursprungszeichen des Herstellers so gekennzeichnet sind, daß dieses auch nach dem Einbau der Teile in den Zähler sichtbar bleibt. Außer dem Ursprungszeichen sind bei Spulen — sofern nicht technische Gründe dies unmöglich machen — Windungszahl, Drahtquerschnitt, Drahtisolationsauftrag und ohmscher Widerstand anzugeben.

§ 5

(1) Für die Zulassung von gewerbsmäßig hergestellten Ersatzteilen fremden Ursprungs zur Verwendung bei der Instandsetzung von beglaubigungsfähigen Zählern (§ 4) gilt folgendes:

a) Die Teile sollen nach Form und Werkstoff möglichst den Originalteilen entsprechen.
b) Die Zulassung ist von der die Zählerersatzteile herstellenden Firma bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu beantragen.
c) Das Zulassungsverfahren umfaßt eine experimentelle Untersuchung der Einzelteile und von Elektrizitätszählern, in die solche Teile eingebaut sind; auch kann eine Besichtigung der Einrichtungen stattfinden, die der Antragsteller zur Herstellung und Prüfung der Ersatzteile benutzt.
d) Der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt sind auf Anfordern Angaben über die Prüfeinrichtungen zu machen, die beim Antragsteller zur Überwachung einer einwandfreien, gleichmäßigen Herstellung der Ersatzteile vorhanden sind.
e) Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt kann auch nach erfolgter Zulassung laufend Stichproben an Ersatzteilen oder instand gesetzten Zählern vornehmen.
f) Die Zulassung der Ersatzteile kann von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zurückgenommen werden, wenn sich im praktischen Betriebe bei der Verwendung der Teile Mängel herausstellen.
g) Für die Zulassung der von ihm hergestellten Zählerersatzteile sind von dem Antragsteller folgende Gebühren an die Physikalisch-Technische Reichsanstalt zu entrichten:

Zulassungs-Hauptprüfung

Grundgebühr	100 Reichsmark
Zuschlag für jede der im § 1 b genannten Ersatzteilarten	30 Reichsmark

Zulassungs-Ergänzungsprüfung
(bei Ergänzungsanträgen zu bereits zugelassenen Ersatzteilarten)

Grundgebühr	50 Reichsmark
Zuschlag für jede Ersatzteilart	30 Reichsmark

(2) Außer den Zulassungsgebühren hat der Antragsteller die durch die Besichtigung der Einrichtungen des Antragstellers entstehenden Kosten (Reisekosten und Tagegelder) der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu erstatten. Diese Kosten wie auch die Zulassungsgebühren sind auf Anfordern der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im voraus zu entrichten.

(3) Die von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für ihre Untersuchungen benötigten Ersatzteile oder Zähler sind dieser von dem Unternehmen, dessen Ware untersucht wird, kostenlos zur Verfügung zu stellen.

§ 6

Zum Ersatz der im § 1 unter c genannten Teile eines Zählers, ferner solcher Teile, die nicht unmittelbar zum Meßwerk gehören und auf den Zählergang keinen Einfluß haben, wie Klemmdeckel, Schaugläser, Bleifassungen, Klemmschrauben u. dgl., sind weder Originalersatzteile erforderlich noch unterliegen solche Teile einer besonderen Zulassung.

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 197, Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40, Einzelnummern dort erhältlich.

Digitized by Google

§ 7

(1) Instand gesetzte Zähler müssen von den Instandsetzern mit Plomben verschlossen werden, aus denen der Instandsetzer einwandfrei festgestellt werden kann.

(2) Wird ein instand gesetzter Zähler von einer amtlichen Zählerprüfstelle beglaubigt und mit ihren Plomben versehen, so soll nach Möglichkeit eine der Plomben des Instandsetzers an dem Zähler belassen werden.

§ 8

Diese Anordnung tritt am 1. März 1939 in Kraft.

Berlin-Charlottenburg, den 4. Februar 1939,

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung Möller.

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 622

Elektrische Antriebe im Bergbau. [Nach dem Vortrag[1]) von W. Philippi, gehalten am 31. 1. 1939.]

Die verhältnismäßig großen Entfernungen zwischen Kesselhaus und den Antrieben unter Tage haben im Bergbau frühzeitig dazu geführt, die elektrische Energieübertragung und den elektromotorischen Antrieb für die Arbeitsmaschinen unter Tage einzuführen.

Schwerwiegende Gründe sind es, die die Verwendung des elektrischen Antriebes unter Tage so vorteilhaft, ja notwendig erscheinen lassen. Zu der günstigen Wirtschaftlichkeit, gegeben durch die Geringfügigkeit der Verluste in den Leitungen und den Motoren, kommen die Einfachheit und die Widerstandsfähigkeit des Elektromotors gegen Schmutz, mechanische Beschädigungen und Überlastungen, besonders, nachdem zum Antrieb fast aller Arbeitsmaschinen der Drehstrom-Käfigläufermotor eingeführt worden ist. Die geringen Abmessungen des Motors, seine leichte Verwendbarkeit für ortsveränderliche Maschinen und endlich die Möglichkeit, Motor und Schaltgeräte schlagwettersicher zu bauen, haben diesen Motor für den Untertage-Betrieb so brauchbar wie keinen anderen Motor gemacht.

Beim Abbau auf den Steinkohlengruben, der wichtigsten Art der Bergwerke in Deutschland, sowohl was Gesamtleistung wie auch Eigenart der elektrisch anzutreibenden Arbeitsmaschinen angeht, sind es, sobald die Kohle mit Schießbetrieb wie in Oberschlesien abgebaut wird, die Handdrehbohrmaschinen und, wenn der Abbau in anderer Weise erfolgt, wie dies auf den meisten übrigen deutschen Steinkohlenwerken der Fall ist, die Schrämmaschinen, für die der elektrische Antrieb weitgehend verwandt wird[2]). Bei den Drehbohrmaschinen kommt er praktisch allein infrage, während er bei den Schrämmaschinen mit der Druckluft, die auf den Steinkohlengruben in umfangreichem Maße für Abbauhämmer benutzt wird, vielfach in Wettbewerb steht. Bei den Schrämmaschinen ist es besonders die große Widerstandsfähigkeit des Käfigläufermotors gegen hohe Überlastungen, die dem elektrischen Antrieb eine starke Überlegenheit gegenüber dem Druckluftantrieb gibt.

Auch auf den Kali-Bergwerken werden seit Jahrzehnten zur Herstellung der im Schießbetrieb erforderlichen Bohrlöcher durch Käfigläufermotor angetriebene Drehbohrmaschinen benutzt, und zwar müssen wegen des erforderlichen hohen Bohrdruckes, der bis zu etwa 1000 kg betragen kann, die Maschinen an Spannsäulen befestigt werden.

Besondere Beachtung verdienen überall die Einrichtungen zum Fortschaffen des gewonnenen Rohstoffes nach dem Schacht und durch diesen nach Übertage. Im Steinkohlenbergbau haben hierfür in unmittelbarem Anschluß an den Abbau neben den Schüttelrutschen die Förderbänder große Verbreitung gefunden. Bei ihnen wird der Käfigläufermotor in die Antriebstrommel eingebaut, nimmt also praktisch kaum Platz in Anspruch. Auf einer der neueren westfälischen Gruben geht die Bandförderung sogar bis an den Hauptschacht heran, so daß Förderwagen überhaupt nicht mehr erforderlich sind. In Gruben mit steiler Lagerung der Flöze kommen für die Fortschaffung der Kohle nach den Hauptförderstrecken kleine Akkumulator-Lokomotiven mit einer Motorleistung von 3 bis 5 kW infrage. Auf den nach dem Schacht gehenden Hauptstrecken wird die Kohle, soweit sie in Förderwagen verladen ist, mit Hilfe elektrischer Fahrdraht-Lokomotiven oder, falls Schlagwettergefahr besteht, mit schlagwettergeschützten Akkumulator-Lokomotiven befördert. Muß die Kohle in einem blinden Schacht von einer tieferen nach einer höher gelegenen Sohle geschafft werden, was sehr oft der Fall ist, so sind elektrisch angetriebene Förderhaspel nötig. Bei ihnen ist die erforderliche Motorleistung in den letzten Jahren entsprechend der starken Vergrößerung der Förderung erheblich gewachsen. Der Preßluftantrieb vermochte bei diesen Haspeln den Ansprüchen nicht mehr gerecht zu werden und hat fast überall dem elektrischen Antrieb weichen müssen.

Auf den Kaliwerken haben die gesteigerten Ansprüche an die stündlich zu bewältigenden Fördermengen zur Einführung der Schrapperförderung geführt, bei der das im Schießbetrieb losgelöste Salz in Gefäßen von 3 bis 4 t Inhalt abgezogen und den Förderwagen zugeführt wird. Der Betrieb ist dabei besonders rauh. Die Antriebsmotoren der Schrapperhaspel müssen den unvermeidlichen großen Belastungsstößen gewachsen und dementsprechend reichlich bemessen sein.

Bei den Hauptschachtfördermaschinen haben neben dem starken Anwachsen der Förderung und der Schachtteufen noch andere Einzelheiten die Entwicklung der Maschinen beeinflußt. Der Wettbewerb mit Dampffördermaschinen, der früher so oft in Erscheinung trat und nicht immer zugunsten des elektrischen Antriebes ausfiel, kommt bei neuen Anlagen nur noch selten infrage, Nur ganz vereinzelt lassen die Dampfverhältnisse einerseits und die Kosten der elektrischen Energie anderseits den Dampfantrieb günstiger erscheinen, so daß die Entscheidung zugunsten des letzteren fällt. Im elektrischen Teil der Fördermaschinen sind wichtige Merkmale der Entwicklung die zunehmende Verwendung des Antriebes durch einen asynchronen Drehstrommotor und bei einem Antrieb durch Gleichstrommotor der Ersatz der Leonardschaltung durch gittergesteuerte Gleichrichter. Der Antrieb durch einen Drehstrommotor, der gegenwärtig auch für verhältnismäßig große Leistungen oft gewählt wird, ist durch die Vervollkommnung der dabei zwischen Motorwelle und Förderwelle nötigen Zahnräder und der bei Maschinen für größere Fördergeschwindigkeit erforderlichen Fahrtregler möglich gemacht worden. Wenn letztere bei Drehstromantrieb auch nicht die Einfachheit besitzen wie beim Antrieb durch einen Gleichstrommotor, so geben sie in ihrer neuesten Form doch grundsätzlich die gleiche Sicherheit wie diejenigen von Leonardfördermaschinen. Zahnradvorgelege zwischen Motorwelle und Förderwelle sind übrigens auch bei Antrieb durch Gleichstrommotor und größeren Leistungen mehrfach ausgeführt worden, weil dadurch die Anschaffungskosten niedriger wurden.

Gittergesteuerte Gleichrichter[1]) an Stelle des Motorgenerators mit Leonardschaltung sind zuerst bei der Förderanlage der Zeche Zollern II aufgestellt worden und haben dort den Ilgnerumformer ersetzt, der seit Anfang dieses Jahrhunderts dort gearbeitet hat[2]). Wie die genannte Zeche im Jahre 1903 durch Aufstellung der ersten großen elektrischen Fördermaschine bahnbrechend vorgegangen ist, so hat sie auch jetzt wieder Gelegenheit gegeben, die in der Verwendung von gittergesteuerten Gleichrichtern gegebene wichtige Neuerung für den elektrischen Fördermaschinenantrieb auszuprobieren. Der Versuch hat zu einem vollen Erfolg geführt. Der Hauptvorteil der gittergesteuerten Gleichrichter beim Fördermaschinenantrieb liegt in der Verbesserung des Wirkungsgrades, doch müssen die Anlagekosten von Fall zu Fall geprüft und mit den bei der gewöhnlichen Leonardschaltung sich ergebenden verglichen werden.

Die Notwendigkeit, die Fördermaschinen für wesentlich größere stündliche Fördermengen und größere Schachtteufen zu bauen, hat zu einer ständigen Steigerung der Maschinenleistung geführt. Kennzeichnend hierfür ist der Umstand, daß, um die Leistung der Förderanlagen auszudrücken, der Begriff Schacht-tkm/h eingeführt worden ist und gegenwärtig fast allgemein gebraucht wird. Er läßt auf den ersten Blick erkennen, wie groß die bei gegebener Schachtteufe erreichbare stündliche Fördermenge, auf die es doch in erster Linie ankommt, ist und gibt auch ohne weiteres einen einfachen Rückschluß auf die benötigte mittlere Leistung in kW, da hierfür nur der in Schacht-tkm/h ausgedrückte Wert mit 4 bis 4,5, je nach dem zu erreichenden Gesamtwirkungsgrad der Anlage, zu multiplizieren ist.

Die stark gesteigerten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Förderanlagen lassen sich in einer ständig wachsenden Zahl von Fällen nur durch Verwendung der Gefäßförderung an Stelle der Gestellförderung erfüllen, da bei jener

[1]) Aus einer Vortragsreihe „Der elektrische Antrieb in Industrie-Betrieben", veranstaltet vom VDI-Berlin zusammen mit dem Außen-Institut der T. H. Berlin unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. F. Oertel VDE.

[2]) Siehe auch H. 21 der ETZ 58 (1937), Sonderheft „Elektrizität im Bergbau".

[1]) W. Leukert, ETZ 58 (1937) S. 527 u. 591.

[2]) W. Leukert, ETZ 58 (1937 S. 527 u. 591.

Digitized by Google

die Kohle unter Tage über einen Bunker unmittelbar in ein Fördergefäß von 10 bis 15 t Inhalt gestürzt und aus diesem Übertage auf ein Förderband abgezogen werden kann Die Pausen zwischen 2 Zügen sind dabei erheblich geringer als bei der Gestellförderung, und das Verhältnis zwischen Nutzlast und Totlast ist gleichfalls günstiger, so daß größere Nutzlasten befördert werden können. *Vb.*

Physik.

DK 537.533.7.001.24

Die Darstellung der ebenen Bewegung von Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern mittels komplexer Ortsvektoren. [Nach H. Kleinwächter, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 7, S. 479; 7½ S., 9 Abb.]

Deutet man die Ebene, in der sich die Elektronen bewegen, als die Gaußsche Zahlenebene, so ist die jeweilige Lage eines Elektrons durch eine einzige zugehörige komplexe Zahl festgelegt. Daher gehen die Bewegungsgleichungen, die sonst ein System von Differentialgleichungen darstellen, in eine einzelne Differentialgleichung über. Besonders einfach gestaltet sich auch der Ausdruck für die magnetische Anlenkkraft mit $i \varepsilon H \frac{d\mathfrak{r}}{dt}$ $(i = \sqrt{-1})$, da diese Kraft, durch Multiplikation der Geschwindigkeit $\frac{d\mathfrak{r}}{dt}$ mit i, senkrecht auf der Geschwindigkeit steht. In der Arbeit werden die Bewegungsgleichungen für einige spezielle rotationssymmetrische Kraftfelder, wie z. B. das elektrische Wirbelfeld, das sich beim Ausschalten eines homogenen Magnetfeldes ergibt, einfach als die bekannten Differentialgleichungen der harmonischen Bewegung mit komplexen Koeffizienten gefunden. Die Differentialgleichung der Bewegung geladener Korpuskel in zeitlich konstantem oder auch veränderlichem elektrischen Felde eines Plattenkondensators, dem ein homogenes magnetisches Feld überlagert ist, stellt sich ebenfalls als harmonische Bewegung dar, die jedoch einer Störungskraft unterliegt.

Zum Schlusse wird noch eine geschlossene Lösung für ein Dreikörperproblem gegeben, für welches ein Kraftgesetz: $\mathfrak{K}_{1,2} = k(\mathfrak{r}_1 - \mathfrak{r}_2)$ gilt.

Allgemeiner Maschinenbau.

Die Pulvis-Kupplung. DK 621.825.7

Die Kupplung (Abb. 6) besteht aus einem Flügelrad mit zwei Flügeln, einem Gehäuse (Mantel und zwei Deckel) und Stahlsand. Vor Inbetriebsetzung der Kupplung liegt der Stahl-

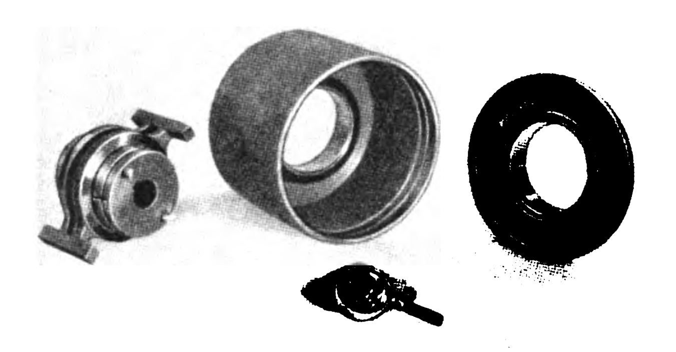


Abb. 6. Teile der Pulvis-Kupplung.

sand im unteren Teil des Mantels (vgl. Abb. 7). Wird der Motor eingeschaltet, so kann er — da er praktisch lastfrei anläuft — in einer bedeutend kürzeren Zeit auf seine volle Drehzahl kommen als mit einer starren Kupplung; das Flügelrad schleudert lediglich den Stahlsand innerhalb des Mantels im Kreise herum, was keine wesentliche Leistung erfordert. Der Stahlsand füllt zuerst die an der Innenfläche des Mantels befindlichen Rillen aus und bildet sodann zwei Stauwellen vor den beiden Flügeln des Laufrades. Diese Stauwellen werden infolge der Fliehkraft immer dichter und stellen endlich einen Kontakt zwischen Laufrad und Mantel her, welcher sich nach einiger Zeit erst langsam in Bewegung setzt, aber schließlich vollkommen synchron mit dem Flügelrad umläuft und die volle Leistung des Motors auf die Maschine überträgt.

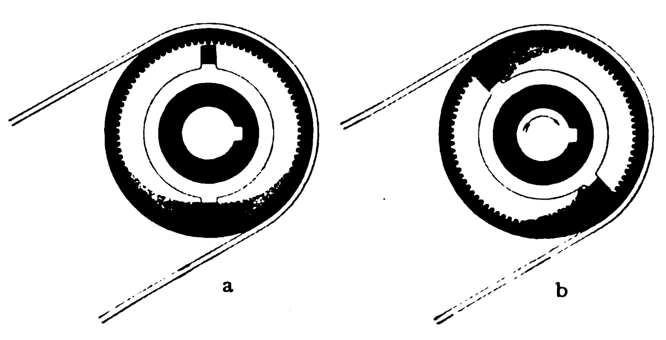
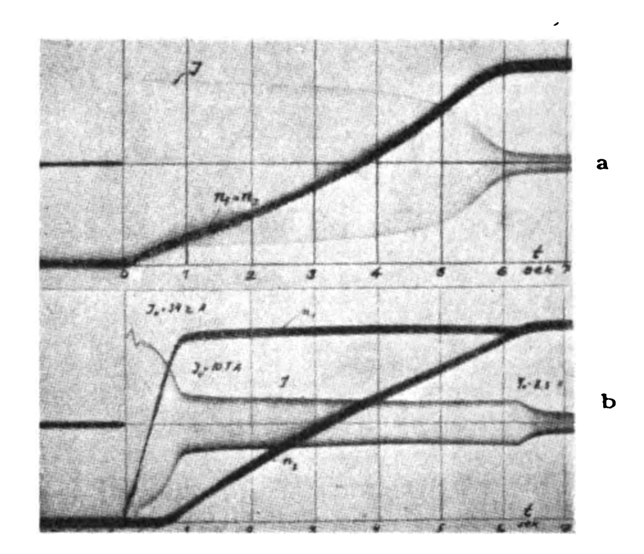


Abb. 7. Pulvis-Kupplung bei Stillstand (a) und im Betrieb (b).

Bei Überlastungen vermögen die Stauwellen dem gesteigerten Druck der beiden Flügel nicht Stand zu halten; sie werden ebenso wie während der Anlaufperiode solange umgetrieben, wie die Überlastung der getriebenen Maschine vorhanden ist. Diese läuft dabei mit verminderter Umdrehungszahl weiter oder bleibt bei großer Überlastung vollständig stehen.



a mit starrer, b mit Pulvis-Kupplung

Abb. 8. Anlaufoszillogramm.

Sinkt die Belastung nach einiger Zeit auf den normalen Wert, dann stellt sich sofort wieder ein Kontakt zwischen Laufrad und Mantel her und beide laufen synchron. Die Pulvis-Kupplung hat nämlich die Fähigkeit, während der Schlupfperiode ein erhöhtes Drehmoment übertragen zu können.

Von den beiden Oszillogrammen (Abb. 8) ist das erste mit einer starren, das zweite mit einer Pulvis-Kupplung aufgenommen; das zweite zeigt, wie rasch der Motor auf volle Drehzahl kommt, wie kurzfristig dabei die erhöhte Stromaufnahme ist, und wie langsam die getriebene Maschine anläuft. Man kann also ohne jede Gefahr Kurzschlußankermotoren mit einem einfachen Hebelschalter ans Netz legen, wenn man eine Pulvis-Kupplung verwendet. Die Kupplungen werden sowohl als Riemenscheiben wie auch als Wellen-Kupplungen gebaut und werden vorwiegend für solche Antriebe verwendet, bei denen unter Last angefahren wird. Die größte bisher gebaute Pulvis-Kupplung läuft seit 2 Jahren in einem ostmärkischen Stahlwerk und überträgt 1600 kW bei 1475 U/min. *fi.*

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat einen Entwurf zu Umstell-Vorschriften für Leitungen für feste Verlegung im Putz in trockenen Räumen aufgestellt, die als § 6 B in

VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

aufgenommen werden sollen und in ETZ 60 (1939) S. 896 veröffentlicht sind.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 1. September 1939 einzureichen.

Die Stellungnahme des Ausschusses für Errichtungsvorschriften I zu § 6 B von VDE 0250 U ist in ETZ 60 (1939) S. 896 veröffentlicht.

Ausschuß für Sicherungswesen.

Der Ausschuß für Sicherungswesen hatte einen Entwurf zu

VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A"

aufgestellt, der in ETZ 59 (1938) S. 29 veröffentlicht war.

Unter Berücksichtigung der eingegangenen Einsprüche wurden einige Änderungen vorgenommen.

Die sich hiernach ergebende endgültige Fassung der Vorschriften, die in ETZ 60 (1939) S. 897 veröffentlicht ist, ist vom Vorsitzenden des VDE im Juni 1939 genehmigt worden und tritt am 1. Januar 1940 in Kraft.

Zum gleichen Termin werden die §§ 46 bis 53 von VDE 0610/ X. 38, soweit sie sich auf Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz mit der Nennspannung 500 V erstrecken, für ungültig erklärt.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Viefhaus.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Ablauf der Prüfzeichengenehmigungen für Leitungsschutzsicherungen 500 V bis 200 A.

Am 1. 1. 1940 treten neue „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A" in Kraft [vgl. ETZ 60 (1939) H. 30, S. 897].

Nach § 6, 1d, der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle würden also zu diesem Zeitpunkt alle von der Prüfstelle auf Grund der jetzt noch geltenden VDE-Bestimmungen erteilten Prüfzeichengenehmigungen für Sicherungen der oben erwähnten Art, d. h. für Schmelzeinsätze, Sicherungssockel, Paßeinsätze und Schraubkappen erlöschen. Da wir aber nicht die Möglichkeit hatten, die Genehmigungsinhaber gemäß der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle 6 Monate vorher auf den bevorstehenden Ablauf der Genehmigungen aufmerksam zu machen, so verlängern wir die Geltungsdauer der erteilten Prüfzeichengenehmigungen bis zum 1. 2. 1940.

Eine Verlängerung der Gültigkeit der Genehmigungen über den 1. 2. 1940 hinaus kann erfolgen, wenn eine vor Ablauf dieser Frist vorgenommene Nachprüfung der in Frage kommenden Erzeugnisse ergibt, daß sie auch den neuen Bestimmungen entsprechen. Zur rechtzeitigen Vornahme dieser Prüfungen, die auf Kosten der Genehmigungsinhaber durchgeführt werden, ist es erforderlich, daß der Prüfantrag und die zu prüfenden Gegenstände der VDE-Prüfstelle spätestens bis zum 1. 11. d. J. eingereicht werden.

Zeichenprüfungen an Erzeugnissen der oben beschriebenen Art werden ab 1. 11. 1939 nach VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" nicht mehr vorgenommen.

Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

In der ETZ 60 (1939) S. 823 hat die VDE-Prüfstelle ein wegen unberechtigter Benutzung des VDE-Zeichens für Heizkissen vom Amtsgericht in Bremen am 24. 5. 1939 ergangenes Urteil veröffentlicht.

Die VDE-Prüfstelle hat Veranlassung, darauf hinzuweisen, daß es sich bei dem in der Veröffentlichung erwähnten Kaufmann F. B. in B. nicht um den Inhaber der Firma Franz Baumgartner, Bad Blankenburg i. Thür. handelt.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

O. Hoberg †.

Am 1. 6. 1939 starb in Bayrischzell infolge eines Herzleidens das Vorstandsmitglied der Pfalzwerke, Ingenieur Otto Hoberg VDE, im Alter von 62 Jahren. Herr Hoberg stammte aus Niesky (Schlesien) und war seit dem Jahre 1898 in der Elektrizitätswirtschaft tätig, zunächst in Berlin, dann in Hanau, in Pausa i. V. und in Saarbrücken, wo er 1920 zum Betriebsdirektor der Städtischen Werke ernannt wurde. Seit 15. 10. 1922 war er technischer Direktor und Vorstandsmitglied der Pfalzwerke Aktiengesellschaft zu Ludwigshafen am Rhein und zeitweise auch der Kraftwerk Homburg Aktiengesellschaft. Als Vorstand dieser Unternehmen gehörte er dem Aufsichtsrat der Großkraftwerk Mannheim A.-G. an und war auch in den Organisationen der Elektrizitätswirtschaft tätig. In den letzten Jahren widmete er sich ehrenamtlich wehrwirtschaftlichen Aufgaben und wurde im Jahre 1938 als Wehrwirtschaftsführer in den Wehrwirtschaftsrat berufen.

Am technischen Wiederaufbau der Pfalzwerke, die durch Krieg, Inflation und Abtrennung des Saargebietes besonders schwer gelitten haben, hat er großes Verdienst. Seine persönliche, verbindliche und gesellige Art erwarb ihm in den Kreisen seiner Fachgenossen viele Freunde.

Emil Ziehl †.

Am 1. 6. 1939 starb Fabrikdirektor Emil Ziehl VDE kurz nach Vollendung seines 66. Lebensjahres. Mit ihm ist eine weit über seinen Heimatbezirk hinaus bekannte Persönlichkeit dahingegangen. Geboren 1873 in Brandenburg a. d. Havel, war er nach beendeter Studienzeit an der T. H. Charlottenburg Assistent bei Gisbert Kapp und dann 1½ Jahrzehnte als Konstrukteur bei der AEG und der Berliner Maschinenbau A. G. vormals L. Schwartzkopff tätig. Bald in leitender Stellung erarbeitete er sich hier, gefördert durch längere Studienreisen nach Amerika, England und Frankreich, das Wissen, welches ihn befähigte, im Jahre 1910 zusammen mit Eduard Abegg die Ziehl-Abegg Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H. als Spezialunternehmen für die Herstellung von Elektromotoren von kleinster Leistung bis zu 100 kW zu gründen. Die Beschränkung seines Arbeitsprogramms auf einen bestimmten Leistungsbereich und eine

Digitized by Google

von Anfang an in jeder Beziehung durchgeführte Normung, wodurch die Verwendbarkeit gleicher Konstruktionselemente für verschiedene Motortypen und -gattungen erreicht wurde, waren der Schlüssel für das rasche Emporblühen seines Unternehmens. Dazu kam, daß Ziehl sich nicht scheute, Maschinen für Sonderzwecke zu bauen in Fällen, in denen andere Firmen vielfach die Herstellung wegen zu geringer Nachfrage ablehnten.

Das Werk, welches aus kleinsten Anfängen gewachsen heute rund 1000 Gefolgschaftsmitglieder zählt, ging später in seinen alleinigen Besitz über und soll nun von seinen Söhnen weitergeführt werden. Die schon 1919 erfolgte Berufung Ziehls zum Mitglied der Berliner Industrie- und Handelskammer und die bald darauf erfolgte Ernennung zum Handelsrichter legen Zeugnis ab von der großen Wertschätzung und dem uneingeschränkten Vertrauen, dessen sich der Verstorbene über den

E. Ziehl †.

Kreis seiner Mitarbeiter hinaus auch in der Industrie und Wirtschaft erfreute. Er gehörte zu den wenigen deutschen industriellen Unternehmern, die schon lange Jahre vor dem Umbruch sich frei gemacht hatten von marxistischen Gedankengängen und die in der „Deutschen Industriellen-Vereinigung" bzw. dem „Bund für Nationalwirtschaft und Werksgemeinschaft" den Klassenkampf-Gedanken mit dem Gegensatz zwischen Unternehmer und Arbeitnehmer ablehnten und für die Betriebsgemeinschaft als natürliche, organische Zelle des Wirtschaftsaufbaues eintraten, Gedanken, die ja auch in dem „Gesetz zur Ordnung der nationalen Arbeit" ihren Niederschlag gefunden haben. Daß Emil Ziehl diese Gedanken nicht nur mit Worten vertreten, sondern auch in seinem eigenen Betrieb aus innerster Überzeugung heraus verwirklicht hat, das kam in ergreifender Weise zum Ausdruck bei der in der großen Werkhalle abgehaltenen Trauerfeier.

Ziehl hat nahezu 5 Jahrzehnte dem VDE-Bezirk Berlin angehört und an dessen Arbeiten immer regsten Anteil genommen. Seit 1935 war er Mitglied des Bezirksbeirats und in dieser Eigenschaft zuletzt Stellvertreter des Bezirksvorsitzenden. Auch als Kurator der „Stiftung des Elektrotechnischen Vereins zur Förderung wissenschaftlicher Arbeiten der deutschen Elektrotechnik" leistete er wertvolle Mitarbeit. Ein ganz besonderes Verdienst erwarb sich der Verstorbene durch die von ihm seit Jahren mit großem Geschick betreute Ausgestaltung der geselligen Veranstaltungen des VDE-Bezirks Berlin. Wenn unsere Mitglieder und Gäste immer zahlreich an diesen Veranstaltungen teilnahmen, weil auf ihnen ein Geist der Kameradschaftlichkeit herrschte, so daß sie vielfach als Zusammenkünfte der großen Elektrotechniker-„Familie" Berlins bezeichnet wurden, so danken wir dies in erster Linie dem verständnisvollen Wirken Emil Ziehls.

Was das Arbeiten mit Emil Ziehl bei all diesen verschiedenen Aufgaben im Rahmen des VDE so außerordentlich fruchtbar und angenehm machte, war ein Dreifaches: einmal seine in einem langen schaffenden Leben erworbenen reichen Kenntnisse und Erfahrungen, zweitens seine stete Bereitschaft, diese Erfahrungen und seine Arbeitskraft gern in den Dienst der Allgemeinheit einzusetzen, und drittens vor allem der Geist, der von seiner ganzen Persönlichkeit ausstrahlte. Eine aus erfolgreichem Schaffen erwachsene ruhige Selbstsicherheit, der aber jede Spur von Selbstgefälligkeit und Überheblichkeit völlig fremd war, paarte sich mit einer natürlichen, herzlichen Freundlichkeit und schuf so von vornherein die sichere Grundlage gegenseitigen Vertrauens, das für alle Gemeinschaftsarbeit unbedingt notwendige Voraussetzung ist, aber dann auch den Erfolg gewährleistet. Es war uns daher nicht leicht ums Herz, als wir am 6. 6. 1939 den liebgewonnenen Menschen zu Grabe trugen. M. Kloss VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Leitungen, Schaltgeräte und Beleuchtung in Bergwerken unter Tage. Von Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Philippi. Mit 73 Abb. u. 96 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1939. Preis kart. 2,80 RM.

Physik in Streifzügen. Von Prof. Dr. H. Greinacher. (Verständliche Wissenschaft, Bd. 40.) Mit 64 Abb., VIII u. 176 S. im Format 125 × 190 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geb. 4,80 RM.

Notions d'Eclairagisme. A l'usage des Architectes, Ensembliers, Peintres, Sculpteurs, et des Techniciens. Von A. Salomon. Mit 134 Abb., VIII u. 189 S. im Format 165 × 250 mm. Verlag Dunod, Paris 1939. Preis geh. 58 frs., geb. 78 frs.

Das Große Radio-Bastelbuch und Rundfunk-Praktikum. Unter Mitarb. hervorragender Fachleute herausg. v. O. Kappelmayer u. J. Schneider. 16. erweit. Aufl. Mit 222 Abb., 40 Taf. u. Tabellen u. 306 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1939. Preis kart. 5,50 RM, geb. 6,80 RM.

Künstliche Radioaktivität und ihre kernphysikalischen Grundlagen. Von Prof. Dr. W. Hanle. Mit 40 Abb., 7 farb. Tafeln, VIII u. 114 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag von Gustav Fischer, Jena 1939. Preis kart. 12 RM.

Die Wahrheit der Erfindung. Technische, privatrechtl. und öffentlichrechtl. Wirklichkeit bei der Fassung und Auslegung von Patenten. Von Rechtsanwalt Dr. jur. S. von der Trenck. (Bd. 5 der „Beiträge zum Patent-, Marken- und Wettbewerbsrecht. Herausg. von Dr. G. Benkard u. Dr. K. Bußmann.) Mit XXVII u. 404 S. im Form. 165 × 245 mm. Albert Limbach Verlag, Berlin-Wien 1939. Preis geh. 21,60 RM.

Merkbuch für die Praxis der elektrischen Lichtbogenschweißung. Von Obering. E. Mayer-Sidd und Obering. J. Ruhland. Mit 49 Abb., mehreren Tabellen u. 140 S. im Format 125 × 185 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin, Roth & Co. 1939. Preis kart. 4,80 RM.

Mechanische Festigkeit von Phenol-Formaldehyd-Kunststoffen. Von Prof. Dr. A. Thum und Dr.-Ing. H.-R. Jacobi. VDI-Forschungsheft 396. Mit 136 Abb., 8 Zahlentafeln u. 39 S. im Format A 4. Preis geh. 5 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. W. Baumeister, Bamberg, Dr. Remeisstr. 15.
Dipl.-Ing. F. Harres, Berlin W 35, Kluckstr. 27.
Ing. W. Schrank VDE, Berlin-Heiligensee, Schulzendorfer Straße 18.

Abschluß des Heftes: 21. Juli 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 3. August 1939 | Heft 31

Hochfrequenter Drahtfunk.

Von **F. Budischin** und **E. Deklotz**, Berlin.

DK 621.396.44 : 621.396.97

Übersicht. Der Stand der Technik des hochfrequenten Drahtfunks in Deutschland wird beschrieben. Neben den technischen Einzelheiten der Drahtfunkeinrichtungen werden die Anforderungen an die Drahtfunkleitungen sowie der erforderliche Leistungsaufwand eines Drahtfunkverstärkeramtes erläutert. Abschließend wird ein Überblick über den beabsichtigten Ausbau des Drahtfunks auf Grund der Drahtfunkverordnung gegeben.

A. Allgemeines.

Am 19. 3. 1939 hat der Reichspostminister im Einvernehmen mit dem Reichsminister für Volksaufklärung und Propaganda im Amtsblatt des Reichspostministeriums eine Drahtfunkverordnung erlassen. Diese bildet die gesetzliche Grundlage für die Einführung des hochfrequenten Drahtfunks im Großdeutschen Reich. Die Gründe für die Einführung sind bereits im Jahre 1935 von F. Gladenbeck an dieser Stelle[1]) eingehend dargelegt worden. Seit dieser Zeit ist die Technik des hochfrequenten Drahtfunks von der Deutschen Reichspost in engster Zusammenarbeit mit der in Betracht kommenden Industrie so weit entwickelt und vervollkommnet worden, daß der hochfrequente Drahtfunk nunmehr nach und nach der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden kann. Die nachfolgenden Ausführungen sollen einen Überblick über den Stand der Technik geben.

Unter hochfrequentem Drahtfunk versteht man die Verbreitung von mehreren Rundfunkdarbietungen über Leitungen mit Hilfe von Trägerwellen. Hierzu wird weitgehend das vorhandene Fernsprechnetz der Deutschen Reichspost mitbenutzt. Die Abb. 1 zeigt in schematischer Darstellung, wie diese Drahtfunkübertragung zu den an das Drahtfunknetz angeschlossenen Rundfunkteilnehmern (Drahtfunkteilnehmern) im einzelnen durchgeführt wird. Die Sendefolgen von drei Reichssendern werden hierzu über das Rundfunkleitungsnetz der Deutschen Reichspost drei Drahtfunksendern zur Modelung mit den in diesen Sendern erzeugten Trägerwellen zugeführt. Die Trägerwellen liegen im Langwellenbereich (150 bis 300 kHz, d. h. 2000 bis 1000 m), so daß für den Drahtfunkempfang die üblichen Rundfunkempfänger benutzt werden können. Die von den Drahtfunksendern abgegebene Leistung wird für die weitere Verteilung in Drahtfunkverstärkern verstärkt und alsdann über Drahtfunkamtsweichen den Fernsprechanschlußleitungen zugeleitet. Am Ende der Fernsprechanschlußleitungen sind vor den Fernsprechapparaten Drahtfunkteilnehmerweichen eingeschleift. Durch

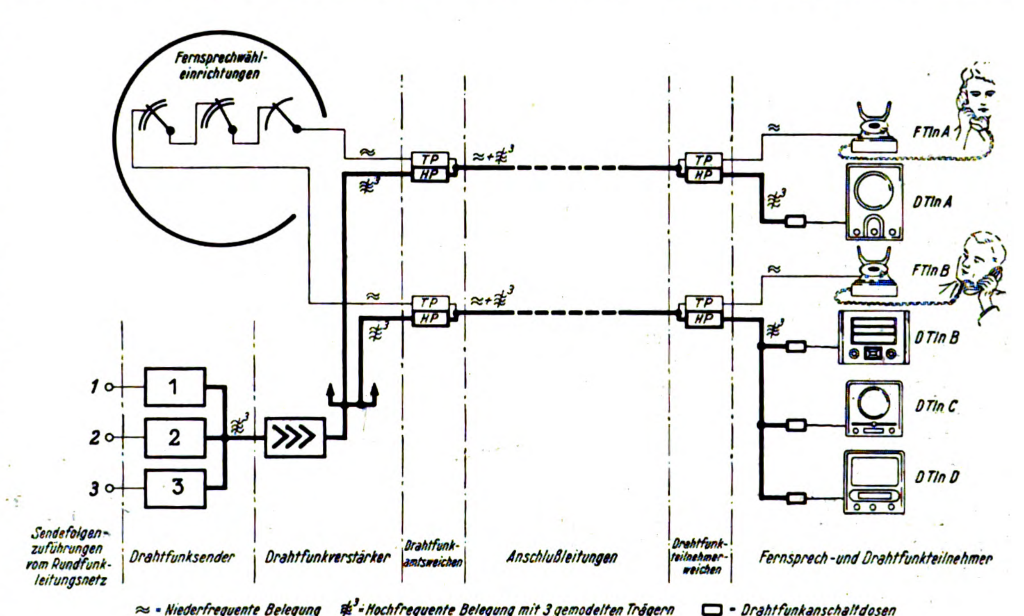


Abb. 1. Fernsprechen und hochfrequente Drahtfunkübertragung auf Anschlußleitungen.

die Hochpaß- und Tiefpaßfilter (HP und TP) dieser Amts- und Teilnehmerweichen werden die hochfrequenten Schwingungen des Drahtfunks von den niederfrequenten Schwingungen des Fernsprechdienstes am Anfang und Ende der Anschlußleitungen voneinander getrennt, so daß ein unabhängiges und ungestörtes Arbeiten des Fernsprech- und Drahtfunkdienstes nebeneinander möglich ist. Von dem Hochpaßfilter jeder Teilnehmerweiche aus verzweigen sich die Drahtfunkzuführungsleitungen nach Art der Starkstromverteilung zu den einzelnen Drahtfunkempfangsstellen. Für den Anschluß der Rundfunkempfänger wird bei jeder Empfangsstelle die Drahtfunkzuführungsleitung mit einer Drahtfunkanschaltdose ab-

[1]) F. Gladenbeck, ETZ 56 (1935) S. 121.

Digitized by Google

geschlossen. Wie die Abb. 1 weiter erkennen läßt, können mehrere Drahtfunkanschlüsse auf eine Fernsprechanschlußleitung gestützt werden (Drahtfunksammelanschluß). Es ist daher nicht notwendig, daß der Drahtfunkteilnehmer auch gleichzeitig Fernsprechteilnehmer ist. Da die Drahtfunkzuführungsleitungen für jeden Drahtfunkanschluß neu erstellt werden müssen, bedeutet dies einen großen Aufwand an Arbeitskräften und Material. Aus diesem Grunde wurde schon mehrfach angeregt, für die Drahtfunkübertragung das Starkstromnetz mitzubenutzen, das in fast alle Wohnungen eingeführt ist. Der Verwendung steht jedoch folgendes entgegen:

1. Das Starkstromnetz ist als Träger von hochfrequenten Störspannungen anzusehen, denen man gerade durch den hochfrequenten Drahtfunk ausweichen will.

2. Der Scheinwiderstand der einzelnen Netzabschnitte im Langwellenbereich ändert sich durch Zu- und Abschalten dauernd in so starkem Maße, daß eine brauchbare Drahtfunkversorgung nicht gewährleistet werden kann. Bei den niedrigeren Frequenzen außerhalb des Langwellenbereiches werden diese Unregelmäßigkeiten geringer, jedoch könnten dann für den Drahtfunkempfang die üblichen Rundfunkempfänger nicht verwendet werden.

3. Die Starkstromnetze gehören verschiedenen Besitzern, wodurch eine einheitliche Regelung erschwert wird.

B. Netzgestaltung.

Da also für die hochfrequente Drahtfunkübertragung das Fernmeldenetz der Deutschen Reichspost mitbenutzt wird, müssen die technischen Einrichtungen für den Drahtfunk in die bestehenden Fernmeldeanlagen eingegliedert werden. Als Aufstellungsorte für die Drahtfunksender sind daher die Rundfunkverstärkerämter gewählt worden, bei denen die Abnahme der Sendefolgen aus dem Rundfunkleitungsnetz über Rundfunkleitungsverstärker[2]) leicht möglich ist. Daneben kommen für die Aufstellung noch Orte in Frage, bei denen die Sendefolgen entweder durch hochohmige Anzapfung der durchgehenden, unverstärkten Rundfunkleitungen oder über amtsendigende Rundfunkleitungen zugeführt werden können. Hierzu dienen sogenannte Rundfunkhilfsverstärker. Diese Rundfunkverstärkereinrichtungen bilden zusammen mit den drei Drahtfunksendern das Drahtfunksendeamt. Aus der Gestaltung des Rundfunkleitungsnetzes ergibt sich im allgemeinen ein Abstand der einzelnen Drahtfunksendeämter von 35 bis 75 km. Sofern diese Dichte der Drahtfunksendeämter nicht erreicht werden kann, weil in einzelnen Gebieten das Rundfunkleitungsnetz noch nicht in dem erforderlichen Umfang ausgebaut ist, werden hier den Drahtfunksendern die Sendefolgen über trägerfrequent betriebene Rundfunkübertragungswege zugeleitet. Für diesen Zweck werden Trägerfrequenzeinrichtungen verwendet, die im Frequenzband von 25 kHz bis 55 kHz auf unbelasteten Kabeladern oder auf Freileitungen arbeiten.

Die Drahtfunkverstärkereinrichtungen werden bei Fernämtern und Fernsprechvermittlungsstellen aufgestellt (Drahtfunkverstärkerämter), weil von hier die für die Drahtfunkübertragung mitverwendeten Fernleitungen und Fernsprechanschlußleitungen sternförmig ausgehen. Es ergibt sich alsdann der in Abb. 2 dargestellte Netzaufbau. Der von einem Drahtfunksendeamt versorgte Bereich bildet eine Drahtfunknetzgruppe. Die Leitungen zwischen dem Drahtfunksendeamt und den Drahtfunkverstärkerämtern sowie zwischen den einzelnen Drahtfunkverstärkerämtern nennt man Drahtfunkverbindungsleitungen; die mitbenutzten Fernsprechanschlußleitungen heißen Drahtfunkanschlußleitungen. Wenn es wegen zu großen Leistungsaufwandes im Drahtfunkverstärkeramt unwirtschaftlich wäre, die Drahtfunkleistung über eine Drahtfunkverbindungsleitung unmittelbar zum nächsten Drahtfunkverstärkeramt zu übertragen, werden im Zuge der betreffenden Leitungen Drahtfunkhilfsverstärker eingeschleift. Diese Verstärker werden somit an Orten ohne Fernsprechvermittlungsstellen aufgestellt. Aus Gründen, die noch besprochen werden, können im allgemeinen bis zu 6 Drahtfunkverstärker hintereinandergeschaltet werden. Hieraus ergibt sich die Forderung, die Drahtfunksendeämter in der vorstehend erwähnten Dichte vorzusehen, so daß im Endausbau für die Versorgung des Großdeutschen Reiches mehrere hundert Drahtfunksendeämter erforderlich sind. Der Ausfall eines Drahtfunksendeamtes wirkt sich daher im Gegensatz zum Ausfall eines drahtlosen Rundfunksenders nur für ein verhältnismäßig kleines Versorgungsgebiet aus. Um die Drahtfunkversorgung auch in diesen Fällen in gewissem Umfang sicherzustellen, werden alsdann die wichtigeren Drahtfunkverstärkerämter über besondere Drahtfunkverbindungsleitungen (Vermaschungsleitungen) von benachbarten Drahtfunksendeämtern aus versorgt.

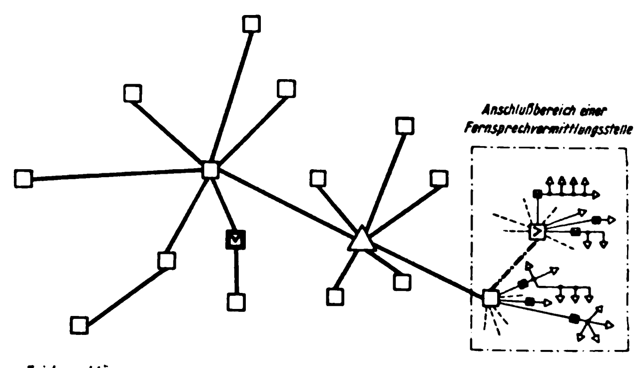


Abb. 2. Aufbau einer Drahtfunknetzgruppe.

Für die Versorgung von Drahtfunkanschlüssen werden auch außerhalb der Drahtfunkverstärkerämter sogenannte Drahtfunkverteilungsverstärker in Linien- und Kabelverzweigern, sowie vor Kabelaufführungspunkten aufgestellt, wenn eine unmittelbare Versorgung der Drahtfunkanschlüsse vom Drahtfunkverstärkeramt aus einen unwirtschaftlich großen Leistungsaufwand erfordern würde. Diese Verstärker werden über Drahtfunk-Verteilungsverstärkerleitungen vom zugehörigen Drahtfunkverstärkeramt gespeist. Sofern die vorhandenen Fernsprechanschlußleitungen für die Versorgung der Drahtfunkanschlüsse nicht ausreichen, werden entweder Vorratsleitungen des Fernsprechnetzes verwendet oder u. U. auch neue Leitungen erstellt.

Für die hochfrequente Drahtfunkübertragung können Kabel- oder Freileitungen aus Hartkupfer oder Bronze sowie aus beiden Leitungsarten zusammengesetzte Leitungen des Fernsprechnetzes mitverwendet werden. Die Leitungen müssen jedoch unbelastet sein, weil die Dämpfung von belasteten Leitungen für den Betrieb des hochfrequenten Drahtfunks unzulässig hoch ist. Darüber hinaus werden für Drahtfunkverbindungsleitungen besondere, nur für den Drahtfunk vorgesehene Doppeladern in den neueren Fernleitungskabeln benutzt. Sind die als Drahtfunkverbindungsleitungen zu verwendenden Fernsprechleitungen bespult, so werden die Spulen ausgeschaltet oder ihre große Dämpfung wird für die hohen Träger-

[2]) Das Deutsche Rundfunkleitungsnetz, von P. Sprinck, ETZ 55 (1934) S. 61. — Die elektrischen Übertragungseigenschaften des deutschen Rundfunkleitungsnetzes, von H. Ribbeck und F. Strecker, Europ. Fernsprechdienst (1937) S. 108.

Digitized by Google

schwingungen des Drahtfunks durch kreuzweises Überbrücken jeder Spule mit Kondensatoren herabgesetzt. Krarupkabelstrecken werden durch unbelastete Leitungen ersetzt oder ebenso wie auch Ringübertrager oder dgl. hochfrequenzmäßig umgangen, weil Krarupkabelleitungen usw. für die Drahtfunkfrequenzen eine sehr große Dämpfung haben. Bei der Auswahl der Drahtfunkverbindungsleitungen oder Drahtfunk-Verteilungsverstärkerleitungen muß beachtet werden, daß der Drahtfunkverstärker nicht wegen ungünstigen Nebensprechens zwischen der ankommenden, speisenden Leitung und den abgehenden, gespeisten Leitungen in Selbsterregung kommen kann (Pfeifen). Aus diesem Grunde müssen die Leitungen zur Erhöhung des Nebensprechwertes so ausgewählt werden, daß die speisende und die gespeisten Leitungen im Kabel bzw. an den Freileitungsgestängen möglichst weit voneinander entfernt liegen. Ist dies bei niedrigpaarigen Kabeln nicht möglich, so wird die speisende Leitung auf der beeinflußten Strecke in einem besonderen, geschirmten Kabel geführt. Bei Freileitungsführungen kann u. U. durch Verringerung des Kreuzungsschrittes (50 m) der speisenden Leitung auf der beeinflußten Strecke der Nebensprechwert erhöht werden[3]).

C. Drahtfunksender.

Die erforderlichen Trägerschwingungen werden von Drahtfunksendern erzeugt, von denen im allgemeinen drei einschließlich Zubehör auf einem Gestell vereinigt sind (vgl. Abb. 3). Man erkennt aus den geringen Abmessungen, daß die Drahtfunksender mit den drahtlosen Rundfunksendern äußerlich nichts mehr gemeinsam haben. Dieses Sendergestell kann zusammen mit den für das Rundfunkleitungsnetz erforderlichen Rundfunkverstärkergestellen einschließlich der Prüf- und Sicherungsgestelle in einem Raum von etwa 30 m² Grundfläche untergebracht werden. Die Abb. 4 zeigt die grundsätzliche Schaltung eines Drahtfunksenders. Der Sender ist mit 4 Ca-Röhren bestückt, deren Betriebsspannungen entweder aus den üblichen Verstärkeramtsbatterien oder einem besonderen Netzanschlußgerät entnommen werden. Über einen hochohmigen Eingangsübertrager *VÜ* (> 10 000 Ω) und einen Spanungsteiler *R* werden die Niederfrequenzspannungen der Sendefolge dem Gitter der Röhre Ca 1 zugeführt. Durch den regelbaren Spannungsteiler *R* kann der Modelungsgrad des Drahtfunksenders verändert werden. Bei 4 V Niederfrequenzspannung an den Eingangsklemmen wird der Sender 80 % gemodelt. Mit

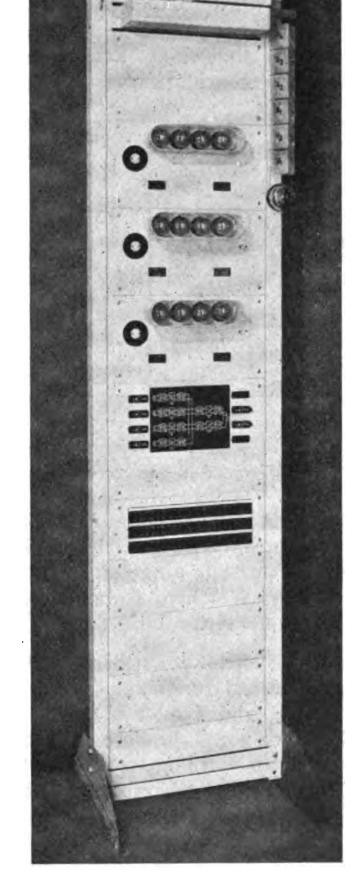


Abb. 3. Drahtfunksendergestell.

Rücksicht auf die Verwendung der üblichen Rundfunkempfänger wird wie bei den drahtlosen Rundfunksendern eine Zweiseitenbandmodulation durchgeführt. Die Röhre Ca 4 erzeugt die Trägerfrequenz, die durch Verändern der Kapazität des Kondensators *C* um etwa ± 5 kHz gegenüber der Nennfrequenz (z. B. 155 kHz, 220 kHz oder 250 kHz) verändert werden kann. Die Röhren Ca 2 und Ca 3 sind als Gegentaktmodelungsstufe geschaltet. Der Ausgangswiderstand des Senders ist groß gegenüber 150 Ω, so daß mehrere Sender ohne gegenseitige Beeinflussung parallel auf einen Verbraucher von 150 Ω arbeiten können. Jeder Sender gibt bei 80 % Modelung und einem Klirrfaktor von höchstens 1,5 % mindestens 50 mV Trägerspannung an 150 Ω ab. Das Niederfrequenzband von 30 bis 10 000 Hz wird hierbei mit einer Dämpfungsverzerrung von höchstens 0,2 Neper, bezogen auf 800 Hz, übertragen.

D. Drahtfunkverstärker.

Die Verstärkung der Träger einschließlich der Seitenbänder wird entweder gemeinsam in einem „nicht abgestimmten Verstärker", einem sog. „Breitbandverstärker"[4]), oder für das Frequenzband jedes Trägers getrennt in einem „abgestimmten Verstärker", einem sogenannten „Kanalverstärker" durchgeführt. Der Breitbandverstärker hat gegenüber dem Kanalverstärker den Vorteil, daß er keine kostspieligen Filter besitzt, und daß deshalb ein Verschieben der Trägerfrequenzen aus betrieblichen Gründen ohne weiteres möglich ist. Beim Breitbandverstärker müssen jedoch besonders hohe Anforderungen an seine Linearität gestellt werden, weil sich sonst bei der gemeinsamen Verstärkung mehrerer gemodelter Trägerschwingungen die Träger und ihre Seitenbänder gegenseitig modeln. Diese gegenseitige Modelung (Kreuzmodelung) macht sich bei einem überlasteten oder nicht genügend linearisierten Breitbandverstärker dadurch bemerkbar, daß beim Abhören einer Darbietung noch andere Sendefolgen der über den gleichen Verstärker übertragenen Trägerschwingungen im Empfänger hörbar werden („Nichtlineares Nebensprechen")[5]), ähnlich wie dies bei nicht ausreichend trennscharfen Empfängern der Fall ist. Da sich in einem Breitbandverstärker die Ströme und Spannungen der gemeinsam übertragenen, gemodelten Träger addieren können, darf dem Verstärker für den einzelnen Träger nur ein Bruchteil der Leistung entnommen werden, die der Verstärker bei der Übertragung nur eines Trägers abgeben könnte. Die für jeden Träger zu entnehmende Leistung ist davon abhängig, wieviel Träger übertragen werden, wie sich die Spannungen der Träger zueinander verhalten und welches nichtlineare Nebensprechen gefordert wird. So darf z. B. aus einem Breitbandverstärker, der bei Übertragung nur eines Trägers eine Leistung von etwa 9 W abgeben könnte, bei der Übertragung von drei Trägern, die vorentzerrt sind (siehe weiter unten), für die Trägerfrequenz 250 kHz nur eine Leistung von etwa 0,5 W entnommen werden, um einen nichtlinearen Nebensprechwert von mindestens 7,0 Neper sicherzustellen. Dieser nichtlineare Nebensprechwert nimmt mit der Zahl der hintereinandergeschalteten Breitbandverstärker ab. Zur Erzielung eines Nebensprechwertes von 7,0 Neper und einer gleichbleibenden Verstärkungsziffer von etwa 8,0 Neper innerhalb des Übertragungsbereiches ist der Breitbandverstärker in einen Steuer- und einen Endverstärker aufgeteilt. Der Steuerverstärker wurde so bemessen, daß er mehrere Endverstärker (5 oder bei neueren Ausführungen 10) aussteuern kann, die auf einem Gestell vereinigt sind. Die Schaltung eines Breitbandsteuerverstärkers zeigt Abb. 5. Der Verstärker ist dreistufig. Im Anodenkreis der ersten Röhre liegt ein Schwingkreis, durch den der Verstärker ohne Gegenkopplung die Fre-

[3]) Untersuchung der Übertragungsverhältnisse von Freileitungen bei den Frequenzen 55 bis 1600 kHz unter besonderer Berücksichtigung der Erfordernisse für den Drahtfunk, von W. Waldow, W. Spang und W. Fritsche, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 28 (1939) H. 3, S. 93.

[4]) Breitbandverstärker für den Hochfrequenzdrahtfunk, von E. Buchmann und K. Barthel, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 27 (1938) H. 6, S. 213.

[5]) Nichtlineares Nebensprechen bei der gemeinsamen Übertragung mehrerer modulierter Trägerwellen, von F. Strecker, Hochfrequenztechn. 49 (1937) H. 5, S. 165.

Digitized by Google

quenzen im Drahtfunkbereich bevorzugt verstärkt. Hierdurch wird die durch die Gegenkopplung hervorgerufene Herabsetzung der Verstärkungsziffer in gewissem Umfang ausgeglichen. Bei der Gegenkopplung werden die in den nichtlinearen Übertragungsgliedern des Verstärkers entstehenden Oberschwingungen mit umgekehrter Phase auf den Eingang des Verstärkers zurückgekoppelt, indem über eine Widerstandsanordnung im Anodenkreis der letzten Röhre ein Teil der Ausgangsspannung auf eine Brückenschaltung im Gitterkreis der ersten Röhre zurückgeführt wird. Mit dem Kondensator C_2 wird der Nachübertrager abgestimmt, und mittels des Kondensators C_1 kann die günstigste Phase der Gegenkopplungsspannung eingestellt werden. Je nach dem Grade der Gegenkopplung werden hierdurch die am Ausgang vorhandenen Oberschwingungen vermindert. Die Heiz- und Anodenspannungen für die Röhren werden einem besonderen Netzanschlußgerät entnommen, während sich die Gitterspannungen als Spannungsabfälle an den Kathodenwiderständen ergeben. Der Verstärker besitzt im Drahtfunkfrequenzbereich eine gleichbleibende Verstärkung von etwa 4,5 Neper und ist so bemessen, daß seine Verstärkung für die Aussteuerung seiner Endröhre durch Drahtfunkempfangsspannungen von 10 bis 25 mV je Träger ausreicht. Die Schaltung des Endverstärkers ist ähnlich aufgebaut. In der Leistungsstufe arbeiten jedoch zwei Röhren parallel. Die Verstärkungsziffer ist im Drahtfunkfrequenzband gleichbleibend etwa 3,5 Neper. Die Eingangswiderstände der Steuer- und Endverstärker betragen rd. 150 Ω. Ebenso groß ist auch der Ausgangswiderstand jedes Endverstärkers, während beim Steuerverstärker dieser Widerstand rd. 50 Ω beträgt. Die gestellmäßige Zusammenschaltung der Steuer- und Endverstärker ist in Abb. 6 dargestellt. Die Drahtfunkverbindungsleitungen (Betriebs- und Ersatzleitung) werden mit je einem Leitungsübertrager *Ül* abgeschlossen. Auf diesen Übertrager folgt eine Vordämpfung *D*, die aus den Werten 1,5, 3 und 4,5 Neper beliebig zusammengesetzt werden kann. Die durch die frequenzabhängige Dämpfung der Leitung hervorgerufenen Unterschiede der Empfangsspannungen werden durch den nachfolgenden Leitungsentzerrer *El* so ausgeglichen, daß vor dem Regler *R* für alle Frequenzen annähernd die gleichen Spannungswerte vorhanden sind. Der erforderliche Dämpfungsverlauf des Leitungsentzerrers wird im allgemeinen durch Hintereinanderschalten von Dämpfungsgliedern mit 0,2 und 0,4 Neper Dämpfungsverzerrung im Drahtfunkfrequenzband erreicht. Die Vordämpfung *D* wird so groß gewählt, daß der geforderte Sollpegel am Ausgang des Verstärkers im mittleren Bereich des mehrstufigen Reglers *R* erreicht wird. Außerdem können mit dem Regler Dämpfungsschwankungen der Drahtfunkverbindungsleitungen (bei Freileitungen) und Veränderung der Verstärkungsziffer (Nachlassen der Röhren) ausgeregelt werden. Hinter dem Regler *R* liegt der Vorentzerrer *Ev*, durch den die Spannungen der drei Träger so abgestuft werden, daß diese nach dem Durchlaufen einer Kabelleitung von 2,5 km (davon 2 km mit 0,6 mm Aderndurchmesser und 0,5 km mit 0,8 mm Aderndurchmesser) gleich sind (mittlere Vorentzerrung von 0,5 Neper). Vor den Steuerverstärker kann ein Tiefpaß *TP* eingesetzt werden, wenn die Drahtfunkverbindungsleitung als Freileitung geführt ist, die starken Hochfrequenzstörungen unterworfen ist. Am Ausgang des Steuerverstärkers liegt die für den Eingang der fünf Endverstärker gemeinsame Sammelschiene. An den Ausgang eines jeden Endverstärkers ist je eine Überwachungseinrichtung *Ü* geschaltet, die bei Ausfall der Trägerspannungen eine Signaleinrichtung zum Ansprechen bringt. Die für die Störungseingrenzung sowie für die Vornahme von Ersatz- und Meßschaltungen wichtigen Punkte sind über Auftrennbuchsen geführt, die zusammen mit den Überwachungslampen in einem Schaltfeld untergebracht sind.

Abb 4. Grundsätzliches Schaltbild eines Drahtfunksenders.

Die gleichen Breitbandsteuer- und Breitbandendverstärker werden auch in Drahtfunkverteilungs- und Drahtfunk-Hilfsverstärkereinrichtungen verwendet. Die Verstärker sind hier zusammen mit Schalt- und Überwachungseinrichtungen in Klapprahmen untergebracht, die eine leichte Zugänglichkeit auch bei beschränkten Raumverhältnissen sicherstellen. Die Klapprahmen werden in Gestelle eingehängt, in denen auch noch die wettersicheren Weichen, Kabelendverschlüsse und weiteren Zubehörteile Aufnahme finden.

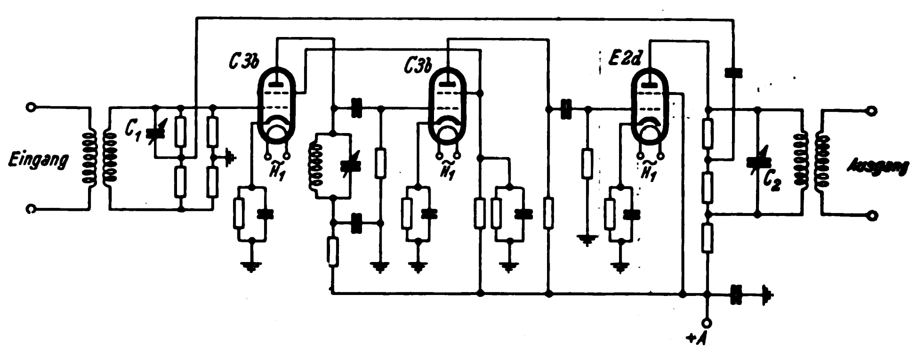


Abb. 5. Grundsätzliches Schaltbild eines Breitbandsteuerverstärkers.

Der Kanalverstärker hat den Vorteil, daß er eine bessere Leistungsausnutzung hat als der Breitbandverstärker, und daß er nicht so linear zu sein braucht, weil die einzelnen Träger in je einem Verstärker für sich allein verstärkt werden. Als Nachteil ist anzusehen, daß für die getrennte Übertragung jedes Trägers (Kanals), Eingangs- und Ausgangsfilter notwendig sind, die einen verhältnismäßig großen Aufwand erfordern und keine wesentliche Veränderung der Trägerfrequenz zulassen. Wegen der durch die Filter bedingten Randverzerrung ist ferner eine Hintereinanderschaltung von Kanalverstärkern nicht zulässig. Daher werden diese für die Speisung von Drahtfunkverbindungsleitungen nicht verwendet, sondern nur für die Versorgung größerer Drahtfunkanschlußleitungsnetze eingesetzt.

Der Kanalverstärker besteht, wie aus Abb. 7 zu ersehen ist, aus zwei Spannungsverstärkerstufen und einer

Digitized by Google

entkoppelten Gegentaktleistungsstufe. Der Verstärker wird aus einem Netzanschlußgerät betrieben. Die Hochfrequenzspannungen werden über ein Eingangsfilter *EF* mit dem Anpassungsübertrager $\ddot{U}_1$, über den Eingangsübertrager $\ddot{U}_2$ und einen regelbaren Spannungsteiler *R* dem Gitter der ersten Röhre zugeführt. Die zweite Spannungsverstärkerstufe ist in Kondensator-Widerstand-(*C-W-*)Schaltung angekoppelt, während die Leistungsstufe zur Ankopplung mit einem Übertrager ausgerüstet ist. Der Durchlaßbereich des Eingangsfilters beträgt ± 10 kHz, bezogen auf die Nennfrequenz (bei 250 kHz z. B. von 240 bis 260 kHz). Er kann durch Ändern der

Abb. 6. Schaltbild eines Breitbandverstärkergestells.

Kondensatoren C_1, C_2 und C_3 etwa um ± 5 kHz der Nennfrequenz verschoben werden. Der Scheinwiderstand des Eingangsfilters ist rd. 150 Ω, die größte Verstärkung beträgt etwa 7 Neper und ist durch den Spannungsteiler *R* stetig regelbar. An einen Belastungswiderstand von 150 Ω gibt der Verstärker bei Vollaussteuerung und einem Modulationsgrad von 80 % des Trägers eine Trägerleistung von 2,5 W ab. Hierbei beträgt der Klirrfaktor der abgegebenen Spannung höchstens 4 %. Die Dämpfungsverzerrung des nach der Gleichrichtung erhaltenen Niederfrequenzbandes von 30 bis 10 000 Hz ist kleiner als 0,2 Neper, bezogen auf 800 Hz. Es sind jeweils drei Kanalverstärker nebst Zubehör in einem Gestell vereinigt. Um gegenseitige störende Beeinflussungen zu verhindern, wird der Ausgang jedes Verstärkers über ein Ausgangsfilter *AF* geführt, das ähnlich aufgebaut ist wie das bereits erwähnte Eingangsfilter *EF*. Die Eingänge der Eingangsfilter und die Ausgänge der Ausgangsfilter sind parallel geschaltet. Um die Ausgangsfilter unabhängig von der wechselnden äußeren Belastung der Verstärker durch das Drahtfunkanschlußleitungsnetz mit ihrem Kennwiderstand abschließen zu können, ist parallel zum gemeinsamen Ausgang ein regelbarer Belastungswiderstand vorgesehen, mit dem ein Festwert der Gesamtbelastung eingestellt werden kann. Die richtige Einstellung wird durch Messung des vorgeschriebenen Stromes im Verbraucherstromkreis gefunden. Dies ist notwendig, weil die Filter nur bei richtigem Abschlußwiderstand die vorgesehene Filterwirkung haben. Die wichtigen Punkte der Leitungsführung sind ebenso wie beim Breitbandverstärkergestell über Auftrennbuchsen geführt, die in einem Schaltfeld vereinigt sind.

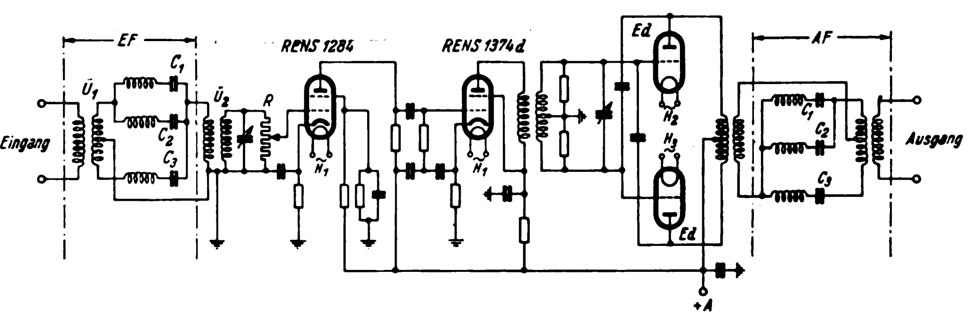


Abb. 7. Grundsätzliches Schaltbild eines Kanalverstärkers.

E. Aufbau der Drahtfunkverbindungs- und Drahtfunkanschlußleitungen.

Der in Abb. 2 schematisch dargestellte Verlauf der hochfrequenten Drahtfunkübertragung vom Sender bis zur Drahtfunkempfangsstelle ist in Abb. 8 im einzelnen wiedergegeben. Die von den Sendern abgegebenen modulierten Trägerschwingungen werden in einem Breitbandsteuerverstärker verstärkt und alsdann Breitbandendverstärkern oder Kanalverstärkern zugeführt. Von dem Ausgange jedes Endverstärkers führt ein Drahtfunkverstärkerkabel zum Hauptübertrager *Üh*, der an der waagerechten Seite des Hauptverteilers untergebracht ist, und der die Ausgangsspannung des Endverstärkers auf die Einheitsspannung $U_0 = 1{,}34$ V (für den oberen Träger, z. B. 250 kHz) herabsetzt. Von hier aus führen über Trennschalter Drahtfunkschaltdrähte zu den auf der senkrechten Seite des Hauptverteilers angeordneten Drahtfunkamtsweichen (*DWa*), die je aus einem Hochpaß- und einem Tiefpaßfilter (*HP* und *TP*) bestehen[6]). Die Hochpässe sind je nach der Sendeleistung, die abgegeben werden soll, verschieden aufgebaut. Sie enthalten für die Sendeleistungen 0,75 mW und 3 mW (für den oberen Träger an 150 Ω) Übertrager, bei denen in die Wicklungen zur Leitungsseite hin Kondensatoren eingeschaltet sind, um die für den Fernsprechbetrieb erforderliche gleichstrommäßige Trennung der beiden Leitungszweige jeder Leitung zu erreichen. Für die Sendeleistung 12 mW sind nur zwei Kondensatoren in jedem Leitungszweig erforderlich, weil die dieser Leistung entsprechende Größe der Sendespannung als Einheitsspannung U_0 gewählt wurden. Für größere Sendeleistungen als 12 mW werden vor Hochpässen, die ebenfalls nur Kondensatoren enthalten, Sonderübertrager $\ddot{U}_S$ mit entsprechend gestuften Übersetzungsverhältnissen (für Sendeleistungen zu 24, 48, 96 und 192 mW) eingeschleift. Die größte Sendeleistung, die an eine Leitung abgegeben wird, beträgt etwa 400 mW, wenn der Ausgang eines Endverstärkers unmittelbar auf einen solchen Hochpaß geschaltet wird. Dieser Wert ist kleiner als die unmittelbar vom Verstärker abgebbare Leistung, weil der Leistungsverlust innerhalb der Leitungsführung im Drahtfunkverstärkeramt berücksichtigt werden muß[7]). Um auch bei Kanalverstärkern die gleiche

[6]) Drahtfunkamtsweichen, von H. Hinne, Telegr.-, Fernsprech.-, Funk- u. Fernsehtechn. 28 (1939) H. 3, S. 100.

[7]) Die Verteilung der Leistungen im Drahtfunkverstärkeramt, von W. Klein, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 28 (1939) H. 1, S. 33.

Digitized by Google

Leistungsverteilung zu erzielen, ist am Kanalverstärkergestell ein besonderer Übertrager angeordnet, der die Gesamtleistung von 2,5 W an fünf Drahtfunkverstärkerkabel abgibt, so daß am Anfang jedes Kabels wiederum je 500 mW zur Verfügung stehen. Die gleiche Verteilung der Hochfrequenzleistung wie bei den Breitbandendverstärkern wird auch bei den Drahtfunkverteilungs- und -hilfsverstärkereinrichtungen angewandt, nur sind hierfür die Weichen und Übertrager wettersicher ausgeführt. Die konstruktive Gestaltung von Amtsweichen (*DWa*) und der wettersicheren Weichen für Drahtfunkverteilungsverstärker (*DWv*) zeigen die Abb. 9 und 10. Wie aus der Abb. 8 hervorgeht, werden die Drahtfunkverbindungsleitungen zur Erhöhung der Betriebssicherheit getrennt von den Drahtfunkanschlußleitungen aus verschiedenen Verstärkern eines Drahtfunkverstärkeramtes gespeist. In die Drahtfunkanschlußleitungen werden vor dem Fernsprechapparat Teilnehmerweichen (*DWt*) eingeschleift, bei denen je ein Hochpaßfilter mit einem Tiefpaßfilter in einem Gehäuse vereinigt ist[8]). Über die Tiefpässe (*TP*) der Amts- und Teilnehmerweichen, deren Dämpfung für die Fernsprechströme sehr gering ist (< 0,03 Neper bei 800 Hz), finden diese einen freien Weg zwischen der Fernsprechamtseinrichtung und dem Fernsprechapparat. Für

DSend	Drahtfunksender und Modulationseinrichtung	*DVerstV*	Drahtfunkverteilungsverstärker	*TP*	Tiefpaßfilter
DSendA	Drahtfunksendeamt	*DAl*	Drahtfunkanschlußleitung	*DDa*	Drahtfunkanschaltdose
DVerst	Drahtfunkverstärker	*DVl*	Drahtfunkverbindungsleitung	*DDae*	Drahtfunkanschaltdose für Einkreisempfänger
DVerstA	Drahtfunkverstärkeramt	*DVerstVl*	Drahtfunkverteilungsverstärkerleitung	*Ü*	Übertrager
DVerstGest	Drahtfunkverstärkergestell	*Dzl*	Drahtfunkzuführungsleitung	*Üh*	Hauptübertrager
DVerstBst	Drahtfunkbreitbandverstärker (Steuerstufe)	*DWa*	Drahtfunkamtsweiche	R_a	Abschlußwiderstand
		DWt	Drahtfunkteilnehmerweiche	R_l	Längswiderstand
DVerstBe	Drahtfunkbreitbandverstärker (Endstufe)	*DWv*	Weiche für Drahtfunkverteilungsverstärkereinrichtungen	*Rq*	Querwiderstand
				A	Antenne
DVerstK	Drahtfunkkanalverstärker (einschl. Filter)	*HP*	Hochpaßfilter	*E*	Erde

Abb. 8. Verbindungsplan zwischen Drahtfunksendeamt, Drahtfunkverstärkerämtern und Drahtfunkempfangsstellen.

[8]) Die elektrischen Bedingungen für Drahtfunkweichen, von W. Waldow, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 27 (1938) H. 10, S. 373.

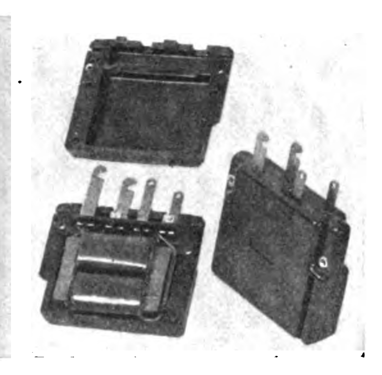
Digitized by Google

die hochfrequenten Ströme des Drahtfunks ist die Dämpfung der Tiefpässe jedoch so groß, daß die durch die Kontakte der Fernsprecheinrichtungen verursachten hochfrequenten Störspannungen nicht in die Anschlußleitungen eindringen und den Drahtfunkempfang stören können (für symmetrische Spannungen bei der Amtsweiche ≧ 5 Neper und bei der Teilnehmerweiche ≧ 7,5 Neper, für unsymmetrische Spannungen ≧ 3 Neper bzw. ≧ 6 Neper). Gleichzeitig riegeln diese Tiefpässe die Drahtfunkströme von den Fernsprechamtseinrichtungen bzw. von den Fernsprechapparaten ab, so daß ein störendes Übersprechen der Drahtfunkdarbietungen, hervorgerufen durch Gleichrichterwirkung an Kontaktstellen, im Mikrophon usw., auf die Fernsprechstromkreise sicher verhindert wird. Über die Hochpässe (*HP*) der Drahtfunkamtsweichen und Drahtfunkteilnehmerweichen gelangen die trägerfrequenten Ströme des Drahtfunks zu den Drahtfunkempfangsstellen. Die Dämpfung dieser Hochpaßfilter für die niederfrequenten Fernsprechströme ist so groß, daß in der Fernsprechvermittlungsstelle das Nebensprechen der über die Hochpaßfilter parallelgeschalteten Leitungen nicht verschlechtert wird (Nebensprechdämpfung bei 800 Hz ≧ 8,5 Neper). Ebenso können die von einem Fernsprechanschluß geführten Gespräche, dessen Leitung für die Drahtfunkübertragung mitverwendet wird, über die von dieser Leitung gespeisten Drahtfunkanschaltdosen selbst unter Zwischenschaltung des Niederfrequenzverstärkers eines Rundfunkempfängers nicht mitgehört werden (Sperrdämpfung bei 800 ≧ 10 Neper). Wie aus dem Schaltbild für die Teilnehmerweiche, Abb. 8, hervorgeht, sind die Hoch- und Tiefpaßfilter dieser Weiche als volle Kettenglieder ausgebildet worden, um die hohen Dämpfungswerte zu erreichen. Von den Hochpaßfiltern der Teilnehmerweichen aus führen Drahtfunkzuführungsleitungen zu den einzelnen Drahtfunkempfangsstellen, die für den Anschluß der Empfangsgeräte Drahtfunkanschaltdosen erhalten.

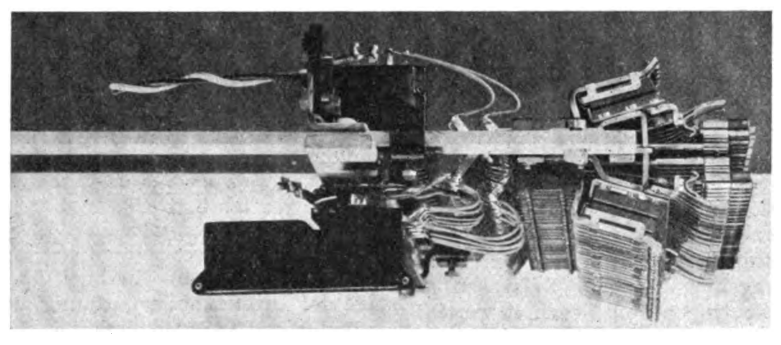
Die Drahtfunkanschaltdose (Abb. 11) wird im allgemeinen in unmittelbarer Nähe des Rundfunkempfangsgeräts angebracht. Sie ermöglicht dem Drahtfunkteilnehmer durch Umlegen eines doppelpoligen Umschalters den wahlweisen Empfang von Darbietungen über das Drahtfunkleitungsnetz oder von Sendefolgen drahtloser Sender über Antenne und Erde. Dazu sind neben den für den Drahtfunk nötigen Anschlüssen auch Buchsen zum Einstecken der Zuleitungen für Antenne und Erde vorgesehen (Abb. 8). Für den symmetrischen Abschluß der Drahtfunkzuführungsleitung enthält die Drahtfunkanschaltdose einen Hochfrequenzübertrager. Durch diesen wird vermieden, daß die Leitung über die Erdbuchse des angeschalteten Rundfunkempfängers erdunsymmetrisch wird, so daß sie keine hochfrequenten Störspannungen aufnehmen kann. Da der Übertrager für die niederfrequenten Sprechströme eine hohe Dämpfung besitzt, verhindert er, daß sich die Drahtfunkteilnehmer von Sammelanschlüssen mit unrechtmäßig angeschalteten Fernsprechapparaten untereinander verständigen können. Er erhöht ferner die niederfrequente Dämpfung auf der Strecke vom Eingang des Hochpaßfilters in der Teilnehmerweiche bis zum Ausgang der Drahtfunkanschaltdose. Gleichzeitig bietet er einen wirksamen Schutz gegen den Übergang von Starkstrom aus schadhaften oder nicht nach den VDE-Regeln gebauten Empfangsgeräten auf die Drahtfunkleitung. Der Eingangswiderstand des Übertragers ist hochohmig gegenüber 150 Ω, dem Wellenwiderstand von Kabelleitungen für die Drahtfunkfrequenzen. An die Klemmen für die Eingangsseite des Übertragers kann außer der Drahtfunkleitung ein Widerstand R_a angeschaltet werden, der am Ende der längsten Drahtfunkzuführungsleitung in der Sammelschaltung (Hauptzweig) als Abschlußwiderstand vorgesehen wird. Zwischen Übertrager und Umschalter können ebenfalls Widerstände (R_l und R_q) eingeschaltet werden, mit denen ein zu hoher Empfangspegel, der den Empfänger übersteuern würde, auf den erforderlichen Wert gebracht wird. Diese Widerstände tragen ferner zur hochfrequenten Entkopplung der an einen Sammelanschluß angeschalteten Empfangsgeräte bei. Für den Anschluß des Empfängers ist die Dose mit einer geschirmten Schnur versehen, die am freien Ende in zwei Bananensteckern endet.

Für Einkreisempfänger, die bei dem für den Drahtfunkdienst gewählten Frequenzabstand nicht trennscharf

Hochpaß



Tiefpaß



Anordnung von Hoch- und Tiefpaß der Drahtfunkamtsweichen an der Sicherungsleiste

Abb. 9. Drahtfunkamtsweichen.

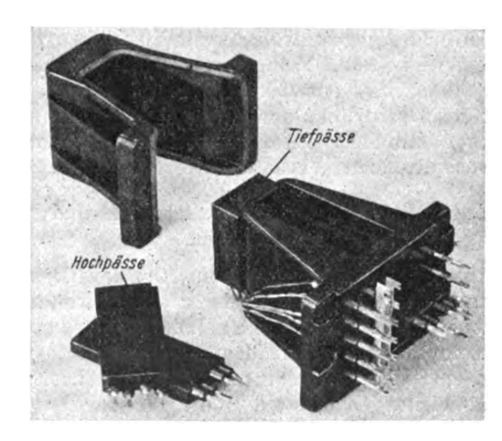


Abb. 10. Wettersichere Weichen für Drahtfunkverteilungsverstärker.

Digitized by Google

genug sind, wird eine Drahtfunkanschaltdose für Einkreisempfänger (*DDae*) verwendet. Diese Dose ist im Eingang wie die einfache Drahtfunkanschaltdose mit einem Hochfrequenzübertrager ausgerüstet, dessen Eingangswiderstand ebenfalls hochohmig gegenüber 150 Ω ist. An die Klemmen für die Eingangsseite des Übertragers kann außer der Drahtfunkleitung in den erwähnten Fällen ein Widerstand R_a angeschaltet werden. Die Ausgangsseite des Übertragers liegt in Reihe mit einem Schwingkreis, der einen festen Kondensator und eine Spule mit veränderbarer Induktivität enthält. Die Veränderung der Induktivität und damit die Abstimmung des Schwingkreises wird durch Änderung des magnetischen Flusses in der Spule erzielt, indem die Lage eines Kernes aus Hochfrequenzeisen in der Spulenachse entsprechend geändert wird. Die Kopplung zwischen den beiden Wicklungen des Eingangsübertragers ist regelbar, so daß die Nutzspannung für den Drahtempfang und somit die Empfangslautstärke jeweils auf den günstigsten Wert eingestellt werden kann. Dies ist notwendig, weil die Einkreisempfänger im allgemeinen keine ausreichende Lautstärkeregelung besitzen. Beim Aufbau der Drahtfunkzuführungsleitungen muß beachtet werden, daß die Abzweigungen bestimmte Längen nicht überschreiten dürfen, weil sonst die elektrischen Übertragungsverhältnisse nicht mehr einwandfrei sind[9]). Bei allen Verzweigungen ist deshalb zwischen dem Hauptzweig und den Nebenzweigen zu unterscheiden. Der Hauptzweig kann so lang sein, wie das bei der jeweiligen Drahtfunksendeleistung zur Erzielung der erforderlichen Nutzpegel auf der Drahtfunkleitung möglich ist. Jeder Nebenzweig darf aber bei verkabelten Anlagen nicht länger als 50 m sein. Größere Längen der Nebenzweige werden durch schleifenartige Führung des Hauptzweiges vermieden. Für die bauliche Ausgestaltung der Drahtfunkzuführungsleitungen usw. ist eine Reihe von neuen Bauzeugformen (Drahtfunkbauzeug) entwickelt worden, die alle Anforderungen des Drahtfunks sowohl in elektrischer als auch in baulicher Hinsicht unter weitgehender Verwendung von devisensparenden Werkstoffen erfüllen[10]).

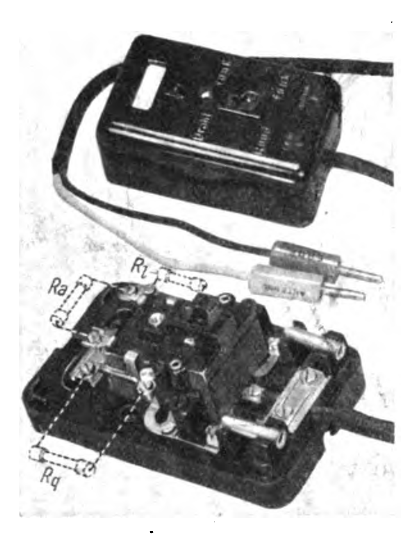


Abb. 11. Drahtfunkanschaltdose.

F. Drahtfunkempfänger, Überwachungs- und Meßeinrichtungen.

Wie bereits erwähnt, können für den Drahtfunkempfang alle Rundfunkempfänger mit Langwellenbereich verwendet werden. Außerdem sind hierfür besondere Drahtfunkempfänger in Geradeaus- oder Überlagerungsschaltung entwickelt worden, die ein sehr breites Frequenzband wiedergeben, so daß die bei der Drahtfunkübertragung vorhandene Bandbreite weitgehend nutzbar gemacht werden kann. Diese Geräte eignen sich auch besonders für die Überwachung des Drahtfunkdienstes in den Drahtfunkverstärkerämtern. Für die meßtechnische Prüfung und Überwachung der Drahtfunkanlagen werden sogenannte Drahtfunkmeßkoffer verwendet (Abb. 12). Diese werden ebenfalls in Geradeaus- und Überlagerungsschaltung betrieben und ermöglichen im Frequenzbereich von etwa 150 kHz bis 300 kHz die Messung von Drahtfunkträgerspannungen im Bereich von etwa 10 mV bis 30 V.

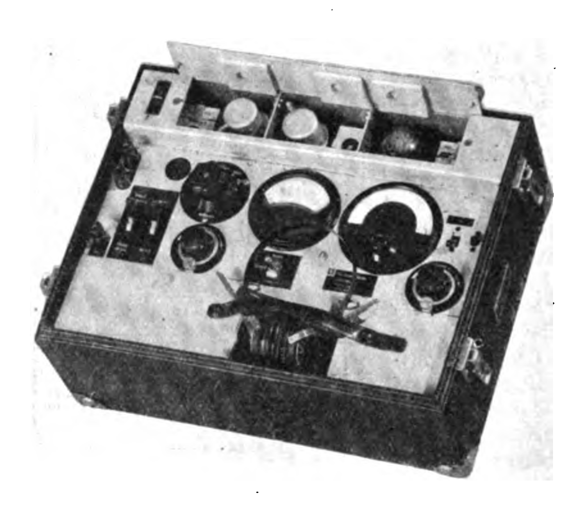


Abb. 12. Drahtfunkmeßkoffer.

Für den gehörmäßigen Nachweis von Drahtfunkspannungen an den Schaltpunkten der Hauptverteiler, Linienverzweiger usw. dienen Drahtfunkprüfhörer mit Detektorschaltung, wobei auf die Trennung der einzelnen Sendefolgen verzichtet wurde.

G. Leistungsaufwand bei der Drahtfunkübertragung.

Um sich einen Überblick über den Leistungsaufwand bei der Drahtfunkübertragung zu verschaffen, ist es notwendig, die Leitungseigenschaften und die erforderlichen Nutzspannungen auf den Leitungen bei den Drahtfunkfrequenzen etwas näher zu behandeln[11]).

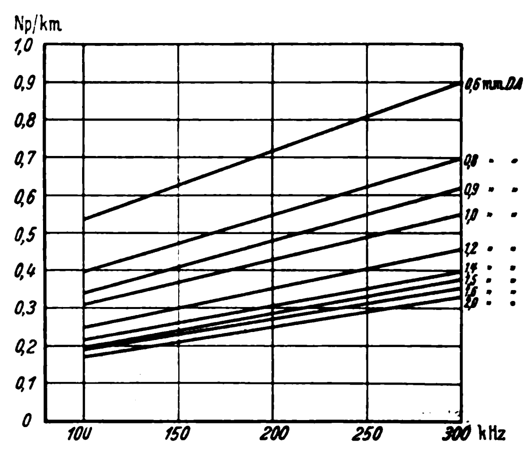


Abb. 13. Dämpfung von unbelasteten Leitungen bei den Drahtfunkfrequenzen.

Die kilometrische Dämpfung der unbelasteten Kabel ist im Drahtfunkfrequenzband bedeutend höher als im niederfrequenten Band für den Fernsprechdienst. Die Angaben für die Drahtfunkfrequenzen in Abb. 13 stellen Mittelwerte aus mehreren Messungen an verlegten hochpaarigen Kabeln dar. Für niedrig- und einpaarige Kabel mit Bleimantel und Papierisolation (*PM*-Kabel) ist die kilometrische Dämpfung wegen der Nähewirkung des Mantels bei höheren Frequenzen größer (z. B. bei 250 kHz um etwa 10 %). Für Freileitungen aus Hartkupfer und

[9]) Drahtfunksammelschaltung, von W. Klein, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 28 (1938) H. 2, S. 69.

[10]) Neues Bauzeug für Drahtfunkanlagen, von A. Weißhuhn und F. Budischin, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 28 (1939) H. 4, S. 153.

[11]) Bemessung und Planung hochfrequenter Drahtfunkanlagen, von F. Budischin und E. Deklotz, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 26 (1937) H. 10, S. 226 und H. 11, S. 249.

Digitized by Google

Bronze wird im allgemeinen ein Mittelwert von 0,1 Neper angesetzt, weil die Dämpfung bei den Drahtfunkfrequenzen durch Witterungseinflüsse (Rauhreif usw.) in sehr großen Grenzen schwanken kann (0,025 Neper/km bis 0,125 Neper/km.)

Der Wellenwiderstand im Drahtfunkfrequenzband beträgt bei Leitungen in hochpaarigen Kabeln rd. 150 Ω und bei Freileitungen rd. 600 Ω für sämtliche Leiterdurchmesser. Bei niedrig- und einpaarigen Kabeln ist der Wellenwiderstand kleiner und wird im Mittel mit 100 Ω angesetzt. In allen Fällen ist der Winkel des Wellenwiderstandes vernachlässigbar klein. Es können jedoch bei Zusammenschaltung von Leitungen mit verschiedenen Wellenwiderständen, bei Leitungsverzweigungen oder bei nicht angepaßtem Leitungsabschluß für den Scheinwiderstand frequenzabhängige Abweichungen vom Wellenwiderstand für Betrag und Phase auftreten, die sich betriebsmäßig als Abweichungen der Empfangsspannungen von den Sollwerten auswirken.

Der Nutzpegel jedes unmodulierten Trägers am Ende der besonderen Drahtfunkdoppeladern in Fernleitungskabeln kann bis auf 10 mV (effektive Spannung) herabsinken. Bei den als Drahtfunkleitungen mitbenutzten Fernsprechleitungen darf der Nutzpegel bei reiner Kabelführung 25 mV, auf Freileitungsstrecken für Drahtfunkanschlußleitungen 100 mV und für Drahtfunkverbindungsleitungen 250 mV nicht unterschreiten, damit ein genügender großer Abstand vom hochfrequenten Störpegel besteht. Der für Freileitungen geforderte Nutzpegel ist höher, weil auf diesen Leitungen höhere hochfrequente Störspannungen auftreten können, die sich auf Drahtfunkverbindungsleitungen bei Hintereinanderschaltung mehrerer Drahtfunkverstärkerämter u. U. ungünstig addieren.

Die Sendeleistung, die am Anfang jeder Drahtfunkverbindungsleitung zur Verfügung gestellt werden muß, ist sehr unterschiedlich. Sie hängt von der Länge, Art und Zusammensetzung der Leitung sowie von der Größe des geforderten Nutzpegels auf bzw. am Ende der Leitung ab. Bei Drahtfunkanschlußleitungen ist außerdem noch

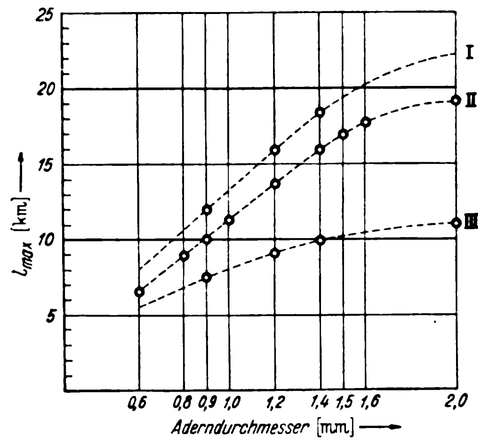


Abb. 14. Höchstzulässige Längen (l_{max}) von verkabelten Drahtfunkverbindungsleitungen in Abhängigkeit von der Art und dem Durchmesser der Leitungen (f = 250 kHz, N_{max} = 400 mW).

der Dämpfungszuwachs durch die Sammelschaltungen mitbestimmend. Zur Verringerung der Zahl der in ihren Übersetzungsverhältnissen verschiedenen Hochfrequenzübertrager, mit denen diese Leistungen den Drahtfunkleitungen zugeführt werden müssen, sind drei Versorgungsgruppen I, II und III mit den bereits erwähnten Leistungsstufen 0,75, 3 und 12 mW gebildet worden. Für größere Leistungen als 12 mW ist eine Versorgungsgruppe IV vorgesehen, in der die vorstehend aufgeführten Leistungen zu 24, 48, 96, 192 und 400 mW abgegeben werden können.

Für die größte abgebbare Sendeleistung von 400 mW ergeben sich bei den verschiedenen Arten verkabelter Drahtfunkverbindungsleitungen die in Abb. 14 dargestellten Werte der höchstzulässigen Längen l_{max}. Hierbei ist für die Dämpfung der eingeschalteten Weichen und der Leitungsführung im empfangenden Drahtfunkverstärkeramt ein Wert von 0,2 Neper angesetzt worden. Unter den gleichen Verhältnissen ergibt sich für eine als Freileitung geführte Drahtfunkverbindungsleitung eine höchstzulässige Länge von etwa 32 km, während für zusammengesetzte Leitungen die höchstzulässigen Längen je nach der Zusammensetzung geringer sind.

In Abb. 8 ist als Beispiel der Verlauf des Spannungspegels für die Frequenz 250 kHz vom Drahtfunksender über eine als Drahtfunkverbindungsleitung mitbenutzte verkabelte und unbelastete Fernsprechleitung zum nächsten Drahtfunkverstärkeramt dargestellt, die über ein Hochpaßfilter der Versorgungsgruppe II (3 mW) gespeist wird.

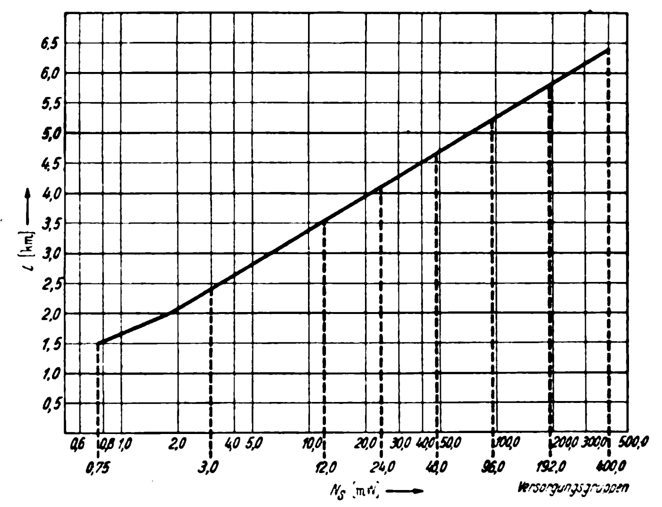


Abb. 15. Reichweite von verkabelten Drahtfunkanschlußleitungen bei den verschiedenen Versorgungsgruppen.

Für Drahtfunkanschlußleitungen ergeben sich für die einzelnen Versorgungsgruppen die aus der Abb. 15 zu ersehenden Reichweiten. Für die Bestimmung dieser Schaulinien ist folgendes zugrunde gelegt worden:

a) Die Kabelleitungen bestehen bis zu 2 km Länge aus Doppeladern von 0,6 mm Adernstärke und darüber hinaus aus Doppeladern von 0,8 mm Adernstärke.
b) Der betriebsmäßig ermittelte Dämpfungszuschlag für eine Sammelschaltung einschließlich der Dämpfung der Anschaltdose und der Weichen beträgt im Mittel 1,4 Neper.
c) Die effektive Empfangsspannung am Ausgang jeder zu der Sammelschaltung gehörenden Drahtfunkanschaltdose beträgt 25 mV (an 1000 Ω, dem kleinsten Eingangswiderstand von Rundfunkempfängern im Langwellenbereich).

Zur Ermittlung des durchschnittlichen Leistungsaufwandes für das Drahtfunkanschlußleitungsnetz eines Drahtfunkverstärkeramtes ist ferner die zahlenmäßige Verteilung der Fernsprechanschlußleitungen in Abhängigkeit von ihrer Länge erforderlich. Diese Verteilung ist in Abb. 16 für Fernsprechvermittlungsstellen bis zu 100, von 100 bis 1000 und von 1000 bis 10 000 Fernsprechhauptanschlüsse in Vomhundertsätzen dargestellt. Überträgt man die in Abb. 15 für die einzelnen Versorgungsgruppen ermittelten Längen für die Reichweiten in die Schaulinien der Abb. 16, so ist ersichtlich, daß ein sehr großer Vomhundertsatz der Drahtfunkanschlußleitungen aus den Versorgungsgruppen I bis III gespeist werden kann. Die Vomhundertsätze sind je nach der Größe der Fernsprechvermittlungsstelle verschieden. Als Beispiel soll daher

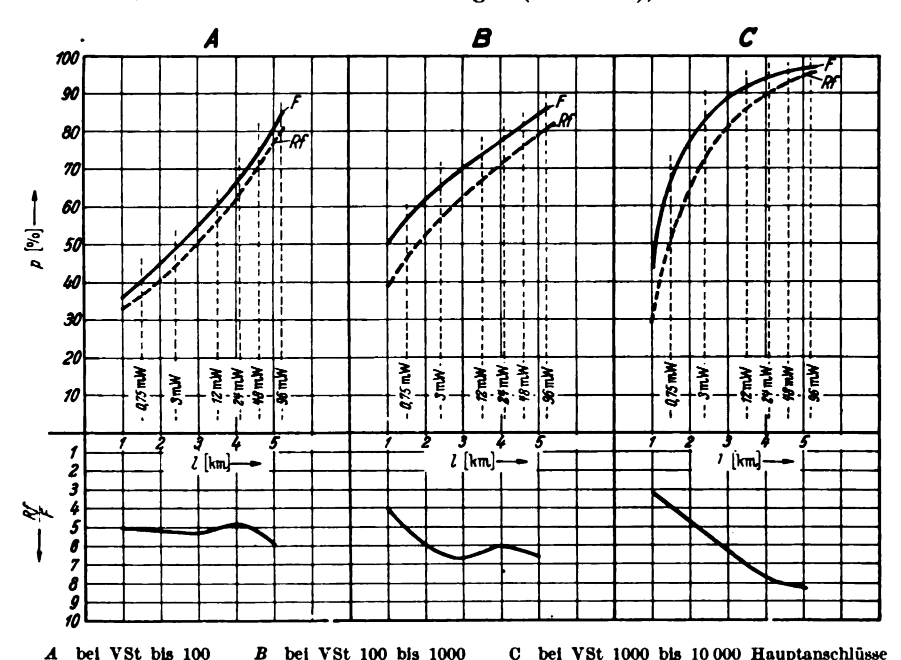
Digitized by Google

Zahlentafel 1. Berechnung des Leistungsbedarfes für das Drahtfunk-Anschlußleitungsnetz eines Drahtfunk-Verstärkeramtes.

Versorgungsgruppe Bezeichnung	Versorgungsgruppe Leistung (mW)	Länge der DAl nach Abb. 15	% der Fernsprechteilnehmer	Anteil je Versorgungsgruppe in %	Zahl der DAl (bezogen auf 500)	Leistungsaufwand je Versorgungsgruppe in mW	Gesamtleistung für das DVerstA in mW	Leistung je DAl (bezogen auf 500) in mW
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	0,75	1,5	57,0	57,0	285	214	—	—
II	3,0	2,4	66,0	9,0	45	135	—	—
III	12,0	3,5	74,0	8,0	40	480	829	1,7
IV a	24,0	4,1	78,0	4,0	20	480	1309	2,6
IV b	48,0	4,6	82,0	4,0	20	960	2269	4,5
IV c	96,0	5,2	86,0	4,0	20	1920	4189	8,3

unter Verwendung der Schaulinien in Abb. 16 der mittlere Leistungsaufwand für das Drahtfunkanschlußleitungsnetz eines Drahtfunkverstärkeramtes bei einer Fernsprechvermittlungsstelle mit 500 Hauptanschlüssen ermittelt werden.

Es wird hierbei angenommen, daß sämtliche 500 Fernsprechleitungen als Drahtfunkanschlußleitungen ausgenutzt werden. Wie aus der Zahlentafel 1 hervorgeht, können 74 % der Drahtfunkanschlußleitungen (s. Abb. 16), d. s. 370 Leitungen aus den Versorgungsgruppen I bis III, mit einem Gesamtleistungsaufwand von 829 mW versorgt werden. Der Rest von 26 % der Drahtfunkanschlußleitungen wird je nach den örtlichen Verhältnissen entweder aus der Versorgungsgruppe IV oder, wenn größere Leitungsbündel zu versorgen sind, über Drahtfunkverteilungsverstärker gespeist. Die Werte in der Spalte 8 der Tafel lassen erkennen, daß der Leistungsaufwand wesentlich ansteigt, wenn die höheren Leistungsstufen der Versorgungsgruppe IV benutzt werden, und daß trotzdem die Reichweite und der Vomhundertsatz der daraus versorgten Drahtfunkanschlußleitungen nur wenig zunimmt. Werden die Drahtfunkanschlußleitungen bis zu einer Entfernung von 5,2 km unmittelbar vom Drahtfunkverstärkeramt versorgt, so steigt der Leistungsaufwand im Drahtfunkverstärkeramt auf 4189 mW, d. h. auf den rund fünffachen Wert der vorstehend angeführten Leistung an, obwohl sich die unmittelbare Versorgung vom Drahtfunkverstärkeramt nur um 12 % der Drahtfunkanschlußleitungen erhöht. Entsprechend steigt der mittlere Leistungsaufwand je Drahtfunkanschlußleitung von 1,7 mW auf 8,3 mW (Spalte 9). Da über die Entfernung von 5 km hinaus im allgemeinen Drahtfunkverteilungsverstärker eingesetzt werden, sind die Ermittlungen nur bis zu dieser Entfernung angestellt worden.



A bei VSt bis 100 *B* bei VSt 100 bis 1000 C bei VSt 1000 bis 10 000 Hauptanschlüsse

Abb. 16. Durchschnittliche Verteilung der Fernsprech- und Rundfunkteilnehmer in % (p) sowie das Verhältnis der Zahl der Rundfunkteilnehmer zur Zahl der Fernsprechteilnehmer (Rf/F) in Abhängigkeit von der Entfernung in km (von der Fernsprechvermittlung (VSt) aus gerechnet).

In der Abb. 16 ist ferner noch die Verteilung der Rundfunkteilnehmer in Abhängigkeit von der Länge der Fernsprechanschlußleitungen eingetragen, über die sie voraussichtlich mit Drahtfunkleistung versorgt werden. Aus der Verteilung der Fernsprech- und Rundfunkteilnehmer können für die einzelnen Fälle Mittelwerte für die Zahl der zu einem Drahtfunksammelanschluß zusammenzufassenden Rundfunkteilnehmer (*Rf/F*) berechnet werden. Diese Ergebnisse sind ebenfalls aus der Abb. 16 ersichtlich und liegen z. Z. zwischen drei und acht Drahtfunkteilnehmer je Sammelanschluß. Eine weitere Zunahme von Rundfunkteilnehmern (Drahtfunkteilnehmern) eines Sammelanschlusses auf das Zwei- bis Dreifache bedingt keine Erhöhung des Leistungsaufwandes für die betreffende Drahtfunkanschlußleitung, weil der bereits erwähnte Dämpfungszuschlag von 1,4 Neper entsprechend gewählt wurde.

H. Ausbau des Drahtfunks.

Die beschriebenen Drahtfunkeinrichtungen haben sich bereits in zahlreichen Versuchsanlagen bewährt, so daß nunmehr nach dem Erlaß der Drahtfunkverordnung die allgemeine Einführung des Drahtfunks in Angriff genommen werden kann. Der Drahtfunk soll zunächst in Gebieten, in denen der drahtlose Rundfunkempfang nicht besonders günstig ist, diesen ergänzen und darüber hinaus ihn auch in andern Gebieten zu bestimmten Zeiten in gewissem Umfang ersetzen. Die Reihenfolge, in der die einzelnen Gebiete mit Drahtfunk versorgt werden sollen, wird vom Reichsminister für Volksaufklärung und Propaganda und dem Reichspostminister gemeinschaftlich bestimmt. Er wird in diesen Gebieten von Amts wegen bei allen Rundfunkteilnehmern eingerichtet. Dadurch wird den Teilnehmern die Möglichkeit, wie bisher drahtlos Rundfunk zu hören, weder genommen noch eingeengt. Der Ausbau kann aber nur schrittweise im Rahmen der technischen Möglichkeiten vor sich gehen. Sofern in einzelnen Gegenden der Anschluß von Rundfunkteilnehmern an das Drahtfunknetz wegen der geringen Dichte des Fernsprechnetzes (z. B. in gebirgigen Gegenden der Ostmark usw.) einen zu großen Aufwand bedingen würde, sollen Gleichwellen-Drahtfunknetze[12]) eingerichtet werden, bei denen eine größere Zahl kleiner drahtloser Sender über das Drahtfunkverbindungsleitungsnetz betrieben wird.

[12]) Über ein Gerät zur hochfrequenten Steuerung von Sendern des Gleichwellendrahtfunks, von H. Bender, Funktechn. Mh. (1939) H. 2, S. 41.

Digitized by Google

Werkstoffsparende Gestaltung im Schaltgerätebau.

Von W. Höpp VDE, Berlin.

DK 621.316.5

Übersicht. Es gehört von jeher zu den Hauptaufgaben der Konstrukteure, mit Werkstoffen sparsam umzugehen, denn die Wettbewerbsfähigkeit zwingt zu kleinen Abmessungen, kleinem Gewicht und Einfachheit der Konstruktionen. Gleichmäßige und wirtschaftlich vertretbare Sicherheit aller Teile, Aufbau auf physikalischer Grundlage hinsichtlich der Ausbildung der Kontakte, Ausnutzung der Möglichkeit lichtbogenfreien Schaltens durch Trennung in Gleich- und Wechselstromschalter, Benutzung der Stromeinschnürung, Verwendung neuzeitlicher Isolierpreßstoffe, Vermeidung toter Räume, Erfüllung mehrerer Funktionen mit einem Teil und einfachste Formen für aktive Teile führen zu stark raum- und werkstoffsparenden Konstruktionen, wie eine Anzahl Beispiele zeigen*).

Seit langem ist bekannt, daß bei Niederspannung die Löschung eines Ausschaltlichtbogens bei Wechselstrom besonders günstig gestaltet werden kann[1]). Mit Rücksicht auf die heute bereits überwiegende Zahl der Drehstromanlagen ist es ratsam, die Mehrzahl der Schaltgeräte nur für Drehstrom, also ohne Rücksicht auf die Erfordernisse des Gleichstroms auszubilden. Der Gleichstromschalter erfordert wegen des langen Schaltlichtbogens große Öffnungswege, magnetische Blasung usw., während ein Wechselstromschaltgerät bei richtiger Ausbildung des Schalters nur wenig mehr benötigt, als die nach Millimetern bemessene Funkenstrecke eines Überspannungsableiters, also erheblich weniger als die z. Z. noch gültigen Luftstrecken an Schaltgeräten oder Installationsschaltern. Man hat nur dafür zu sorgen, daß der

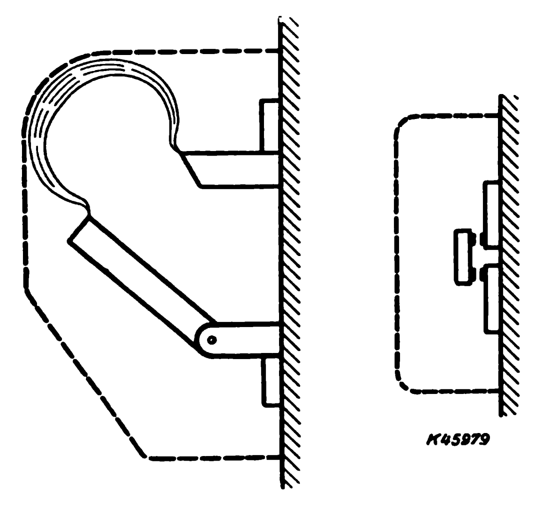
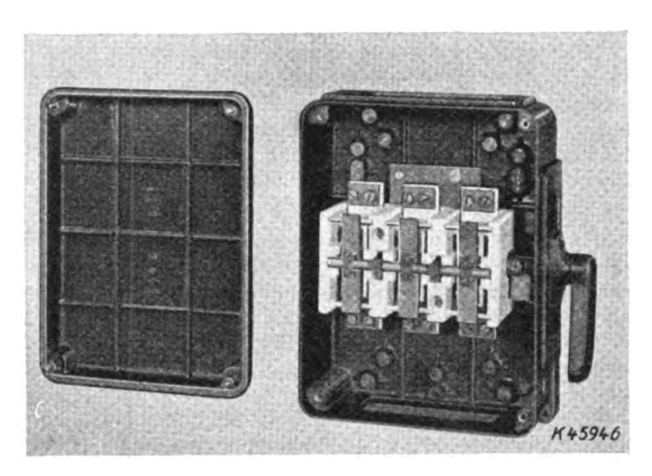


Abb. 1. Größenverhältnis eines Gleich- (links) und Drehstromschalters (rechts) gleicher Leistung.

geringe Luftabstand im ausgeschalteten Zustand durch eine gute Rast sicher eingehalten, wenigstens nicht unterschritten wird. Der Lichtbogen erlischt dann beim ersten Stromdurchgang durch den Nullwert und eine Neuzündung ist sicher verhindert. Es ist aus physikalischen Gründen abwegig, die Funkenstrecke größer als nötig zu machen, oder gar eine schnelle Ausschaltbewegung über den erforderlichen Betrag hinaus anzuwenden; denn während der Stromhalbwelle haben wir es mit einem „Gleichstrom" zu tun, der zumeist noch stark „induktiv" ist. Man tut gut, diesen Lichtbogen so kurz wie möglich zu lassen und ihn in der Funkenstrecke festzuhalten, statt ihn auf eine gefährliche Länge zu ziehen oder magnetisch zu einer Stichflamme blasen zu lassen. Wir haben dann zunächst einen kleinen Schalterhub als ersten Gewinn.

Aus der Theorie der Unterbrechung von technischem Wechselstrom wissen wir, daß es bei Metallelektroden unmöglich ist, unter rd. 150 V einen Lichtbogen zu ziehen. Erstmalig wurde dieser Wert 1920 durch umfangreiche Versuche festgestellt[1]). Er wurde später von Kesselring für beliebig große Ströme bestätigt. Die Grenzspannung ist von der Strombelastung abhängig. Die Drehstromspannung U_g und die Grenzstromstärke I_g, bei deren Überschreitung bei reiner Induktivlast sofort lange Lichtbögen auftreten, ist gegeben durch die Beziehung



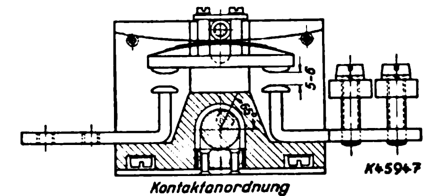


Abb. 2. 100 A-Leistungsschalter im Isolierstoffgehäuse.

$$U_g = \left(150 + \frac{3600}{I_g}\right) n \sqrt{3}.$$

Bei 200 A kann man also bei $n = 2$ Unterbrechungen je Pol unterhalb 580 V lichtbogenfrei (nicht funkenfrei) schalten, und zwar bei einem Öffnungsweg von nur wenigen Millimetern. Der kurz gehaltene Lichtbogen hat außerdem keine Neigung, neue Fußpunkte zu bilden, so daß man die beiden Unterbrechungsstellen dicht beieinander legen kann. Das bedeutet einen weiteren Vorteil: eine sehr kurze Strombrücke, welcher aus konstruktiven Gründen oft nicht einmal voll ausgenutzt werden kann. Die Abb. 1 zeigt den Größenvergleich zwischen einem Gleichstrom-Hebelschalter und einem Drehstromschalter neuer Bauart bei gleicher Schaltleistung.

Als dritter, bedeutender Fortschritt sind die nichtoxydierenden Silberdruckkontakte anzusehen, die nach dem vom Verfasser angegebenen „Stromeinschnürungsprinzip" außerordentlich hoch belastet werden können, wenn sie möglichst vollständig in den Kontaktträger eingebettet sind, so daß die örtlich erzeugte Wärme gut abfließen kann. Diese starren Kontakte haben, abgesehen von dem geringen Platzbedarf, gegenüber den früheren

*) Vortrag, gehalten im VDE Bezirk Berlin am 14. 2. 1939 (Fachgebiet „Installationstechnik").
[1]) W. Höpp, Lichtbogenfreie Schalter. ETZ 41 (1920) S. 748.

Digitized by Google

lamellierten Tastbürsten noch einen weiteren großen Vorteil: sie erfordern nur eine sehr geringe Nachfederung mit Rücksicht auf den Verschleiß in Hebelgelenken, Lagern usw. Hierdurch und durch den kleinen Kontakthub des Wechselstromschalters wird aber die mechanische Schaltarbeit sehr gering und somit sind auch die Kräfte zur Betätigung klein, und es ist ein entsprechend geringerer Werkstoffaufwand in den Antriebsteilen erforderlich. Der in Abb. 2 dargestellte 100 A-Leistungsschalter in Isolierstoffgehäuse zeigt die Auswirkung dieser Überlegungen.

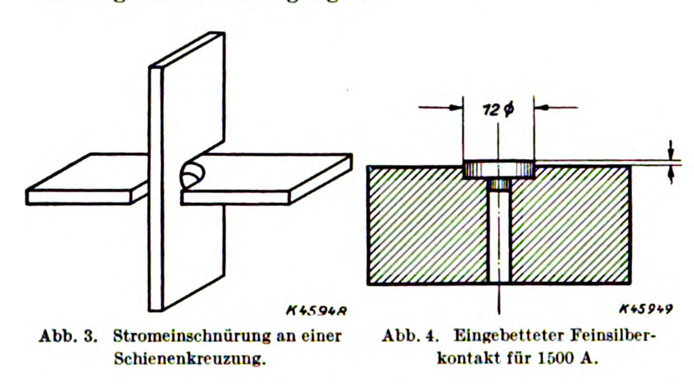


Abb. 3. Stromeinschnürung an einer Schienenkreuzung.

Abb. 4. Eingebetteter Feinsilberkontakt für 1500 A.

Das Stromeinschnürungsprinzip besagt daß man einen Leiter um so stärker einschneiden (einschnüren) darf, je kürzer diese Einschnürung ist, ohne daß — selbst bei Kurzschlußströmen — eine gefährliche Überhitzung zu befürchten ist. Es gibt eine ganze Anzahl schöner Nutzanwendungen dieses Gedankens, so z. B. die starke Aussparung an zwei sich durchdringenden Stromschienen nach Abb. 3 oder eine große Bohrung in einer Schiene, durch welche eine Verbindung oder Befestigung, Welle oder dergl. geführt wird. Der bekannte Blechkabelschuh bildet an der Übergangsstelle zwischen Schuh und Kontaktöse eine allerdings ungewollte Einschnürung, die nur in den Fällen gefährlich geworden ist, wo brüchiger Werkstoff (Messing) benutzt wurde und Haarrisse an der Biegestelle eine zusätzliche Stromeinschnürung bedeuten, die den in Hochspannungsanlagen vorkommenden hohen Kurzschlußkräften und zugleich auftretenden Überhitzungen nicht standhalten. Dies ist der Grund, daß seinerzeit der VDE-Ausschuß für Schaltgeräte für größere Blechkabelschuhe die Verwendung von Kupfer vorgeschrieben hat und Messing nur bei kleinen Querschnitten bis 4 mm² zulässig ist.

Die Kurzschlußfestigkeit der punkt- oder linienförmigen Druckkontakte hängt ab von der Höhe des Kontaktdruckes, der Formgebung, der Wärmefestigkeit des Metalls und des Lötmittels, der Zeitdauer des Kurzschlusses, also von der Eigenzeit der im Stromkreis liegenden Überstromschalter und Zeitauslöser. Man kann also mit der Stromlast nicht beliebig hochgehen und ist

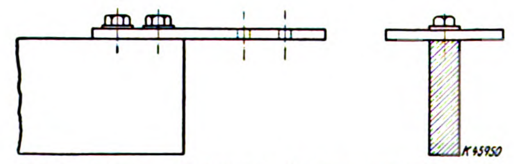


Abb. 5. Stromeinschnürung an Schienenverschraubungen.

oberhalb bestimmter Nennströme zur Parallelschaltung von Kontakten gezwungen. Hierbei ist zwar meistens ein guter Wärmeausgleich vorhanden, auch wenn die Kontaktwiderstände und damit die Stromverteilung ungleich sind. Auch die dynamischen Kräfte können sich je nach Bauart unliebsam auswirken, da sie mit dem Quadrat der Stromstärke wachsen. Es ist ratsam, jeden Kontakt auf gleiche Stromaufnahme einzustellen. Bei ungleicher Stromverteilung wird nicht der schlechte, sondern der gute Kontakt überhitzt.

Ein hart eingelötetes Feinsilberplättchen von etwa 12 mm Dmr. nach Abb. 4 ist für 1500 A Dauerstrom ausreichend und verträgt einen Kurzschlußstrom von etwa 20 000 bis 30 000 A. Bei guter dynamischer Entlastung oder Nutzbarmachung der dynamischen Kräfte kann der Kurzschlußstrom noch erheblich gesteigert werden.

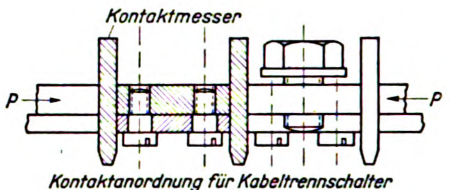


Abb. 6. Kabeltrennschalter mit kurzen Strombrücken, 2polig 4000 A.

Ein weiteres Beispiel raumsparender Art ist in Abb. 5 gezeigt. Hier sind zwei Schienen nicht wie üblich flach zusammengeschraubt, sondern die Anschlußschiene ist gegen eine Schmalseite einer zweiten Schiene geschraubt[2]). Bedingung hierbei ist nur, daß für das Gewinde der erforderlichen Schrauben genügend Platz vorhanden ist. Eine solche Verbindung ist vom Verfasser sogar an Aluminiumschienen schon 1935 ausgeführt worden, um den Beweis zu erbringen, daß auch bei Aluminium die Größe der Kontaktfläche in bezug auf den Kontaktwiderstand eine untergeordnete Rolle spielt, sofern die Flächen metallisch sauber sind und bleiben und der Kontaktdruck nicht nachläßt. In besonderen Fällen kann daher auch eine sehr kleine Überlappung genommen werden.

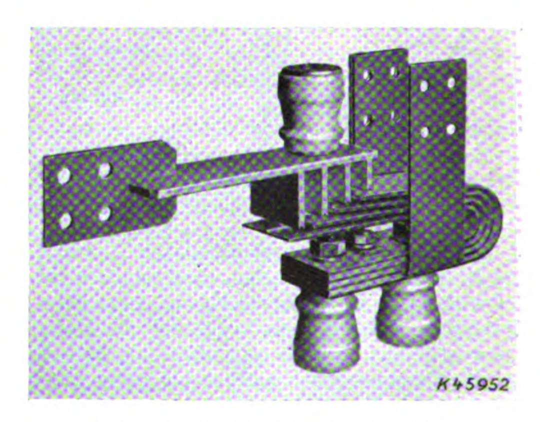


Abb. 7. Hochfrequenz-Ofenkontakt 1500 A.

Eine sehr stark raumsparende Konstruktion eines Kabeltrennschalters zeigt Abb. 6. Die versilberten Anschlußkontakte sind zugleich die Schalterkontakte,

[2]) Helios, Lpz. 44 (1938) S. 797.

Digitized by Google

da sie nur wenig größer sind als der Kabelschuh an Auflagefläche erfordert. Die Trennmesser sind *sehr kurze Strombrücken*, die mit den *Schmalseiten* der Anschlußschiene Kontakt geben, wobei bis 32 Kontaktstellen bei zweipoligen 4000 A-Schaltern nach dem Einlegen der lose gekuppelten Strombrücken mit einer einzigen Schraube festgezogen werden. Die Anschlußkontaktstücke sind etwas nachgiebig auf zwei Hart-

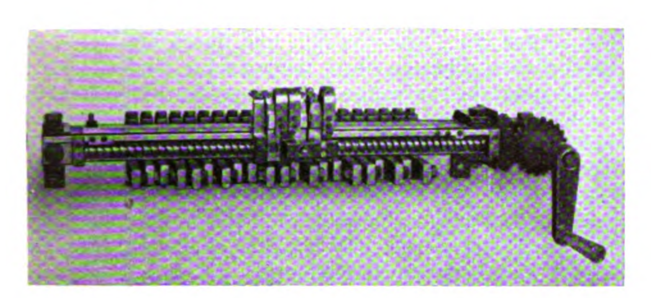


Abb. 8. Stufenschalter mit Schleifschienen als Tragkonstruktion.

papierleisten befestigt. Der 4000 A-Schalter wirkte in dem Gußgehäuse, in welchem früher ein dreipoliger 600 A-Umschalthebel eingebaut war, auffallend klein. Diese Trennschalter mit nur 6 mV Spannungsabfall erhalten ihre Erwärmung durch die innere Wärmeleitung von den Erdkabeln aus, die an den aus der Erde herausgeführten Enden wegen der fehlenden Kühlwirkung durch die Erde erheblich wärmer werden. Ein Bürstentrennschalter hätte in solch enger Bauart besonderer Kühlmaßnahmen bedurft, um betriebssicher zu bleiben.

Die Werkstoffersparnis ist bei diesem Schalter besonders auffallend. Auf einen einpoligen Schalter bezogen konnte früher ein 1800 A-Hebeltrennschalter bei engem Anschlußraum untergebracht werden, während jetzt der Einbau eines 8000 A-Schraubtrennschalters bei sehr reichlichem Anschlußraum möglich ist.

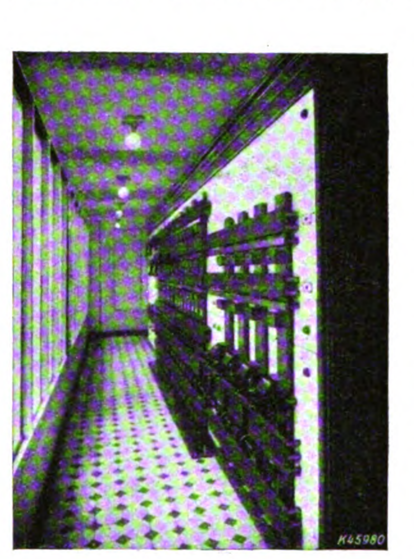


Abb. 10. Generalumschalter 4000 A mit Bürstenkontakten.

Ein sehr schönes Beispiel einer Stromeinschnürung an Kontakten ist noch der *Hochfrequenzofenschalter*, der den Stromübergang von der Induktionswicklung des schwenkbaren Tiegels zu den feststehenden Gegenkontakten bildet. Wegen der etwas veränderlichen Lage des Tiegels im Laufe des Betriebes sind hier eine Anzahl sich kreuzender Silberstäbe von 5 mm Dmr. und etwa 30 mm Länge als Kontakte benutzt. Sie sind in Abb. 7 wiedergegeben. Durch jeden dieser Punktkontakte werden Ströme von etwa 500 bis 1000 A einwandfrei übertragen.

Ein weiteres, z. T. sehr wirksames Mittel zur Ersparung von Baustoff ist die weitgehende *Vermeidung inaktiver Bauteile*. Rein aktive Teile sind schließlich nur solche, die zur Stromleitung oder Unterbrechung dienen, während der Isolierstoff bereits ein inaktives Hilfsmittel zur Isolierung der Pole ist. Man kann aber oft auch so konstruieren, daß nur *dünne Platten zur Isolierung* erforderlich sind und einzelne Leiterteile selbst als Tragkörper benutzt werden und kommt so u. U. zu ganz neuen, leichten Bauformen. Ein Beispiel dieser Art bildet der *Stufenschalter*, Abb. 8, bei welchem die Schleifschiene selbst als L-förmiger Tragkörper ausgebildet ist, an welchem die Stufenkontakte durch Klemmung befestigt sind. Wendet man noch eine starke *Einschnürung* der Schleifbürsten an der Kontaktstelle an (Abb. 9), so kann man auf sehr kleine Teilungen und eine entsprechend geringe Baulänge solcher „Lang-Stufenschalter" kommen. Man kann die Einschnürung solcher Bürsten so weit treiben, daß ein Fressen der Bürsten bei Fettung der Kontakte noch sicher verhindert ist. Das Kennzeichen dieser Schalter ist also: Stromeinschnürung, kein inaktiver Werkstoff und sparsamste und doch sichere Isolation. Selbstverständlich ist eine vom Kontaktdruck entlastete und daher dünne Schraubspindel. Der Antrieb durch Isolierzahnrad aus geschichtetem Faserpreßstoff umgeht noch besondere Kupplungen.

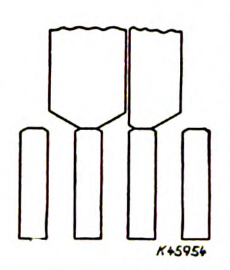


Abb. 9. Stromeinschnürung an Schleifkontakten.

Ein weiteres Beispiel von ganz beträchtlicher Raum- und Werkstoffersparnis bildet der Generalumschalter oder *Linienwähler* für 4000 A. In der früheren Ausführung als Bürstenschalter (Abb. 10) erforderte ein 4000 A-Schalter eine durch zwei Stockwerke gehende Wandfläche. Der neue mit Hartpapier statt Marmor isolierte, fast *nur aus aktivem Baustoff* bestehende 4000 A-Generalumschalter mit Klotzkontakten ist, wie Abb. 11 zeigt, freistehend, hat nur 1,80 m Höhe bei 1,5 m Breite. Der Gewichtsunterschied beträgt bei gleicher Stromstärke rd. 2000 kg. Die Stromschienen sind hier so angeordnet, daß sie selbst ein Traggerüst von großer Festigkeit darstellen und den Druck der Kontaktschlitten in sich auffangen. Die Isolierung besteht durchweg aus 2½ mm starken Hartpapierplatten. Der Umschalter ist nur wenig größer als die linksstehende Erreger-Umschalttafel.

Einen großen Umschwung haben bekanntlich in den letzten Jahren die *Isolierpreßstoffe aus Kunstharzen* herbeigeführt, weniger für große als für kleinere Schaltgeräte, deren Herstellung in überaus großen Stückzahlen erfolgt. Es kommt hier besonders auf die Geschicklichkeit des Konstrukteurs an, dem Preßstück möglichst viele Aufgaben zuzuordnen, um dafür mit um so einfacheren aktiven Teilen auszukommen. Es lassen sich trotz großer Kriechwege recht kleine Schalter bauen, wenn die an sich unveränderlichen und daher sehr sicheren Luftwege nicht größer gemacht werden als unbedingt nötig ist.

Digitized by Google

Es sollten aber nicht nur Sockel und Gehäuse, sondern auch Wellen, Lenker, Traversen, Kontaktbrücken, Hebel usw. aus Isolierpreßstoff hergestellt werden. Die Verschleißfestigkeit der Typen S ist sehr groß, und der geringeren Kriechstromfestigkeit dieses Stoffes kann man unschwer durch kriechstrom sichere Ausbildung selbst bei Trägern spannungführender Teile begegnen, wie vor kurzem an dieser Stelle näher erläutert ist[3]). Auch die an sich viel spröderen und bedeutend weniger maßhaltigen keramischen Stoffe haben wegen der besseren Angleichung der Preise ein weit größeres Anwendungsgebiet gefunden gegen früher, da sie in der Nähe von Schaltlichtbögen, besonders bei Wechselstrom vorteilhafter sind als die erwähnten Preßstoffe aus Kunstharzen.

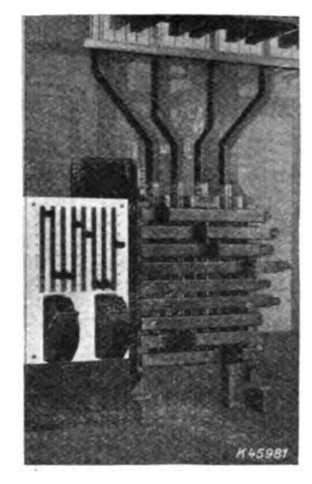


Abb. 11. Generalumschalter 4000 A mit versilberten Druckkontakten.

Die neuzeitliche Isolierkapselung bringt eine große Ersparnis an Metall und Gewicht. Man ist inzwischen dazu übergegangen, ganze Schaltanlagen mit Geräten bis etwa 600 A vollständig in Isolierstoff zu kapseln. Die Festigkeit dieser Gehäuse ist erheblich größer, als man zunächst annehmen möchte. Sie bieten auch erhebliche Vorteile fabrikatorischer Art, vorausgesetzt, daß eine gute Normung der Sammelschienenkästen vorausgeht, sowie der verschiedenartigsten Einsatz- und Anbaugeräte.

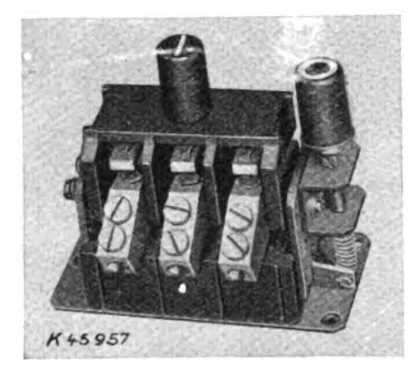


Abb. 12. Dreipoliger Druckknopf-Leistungsschalter 60 A, 500 V.

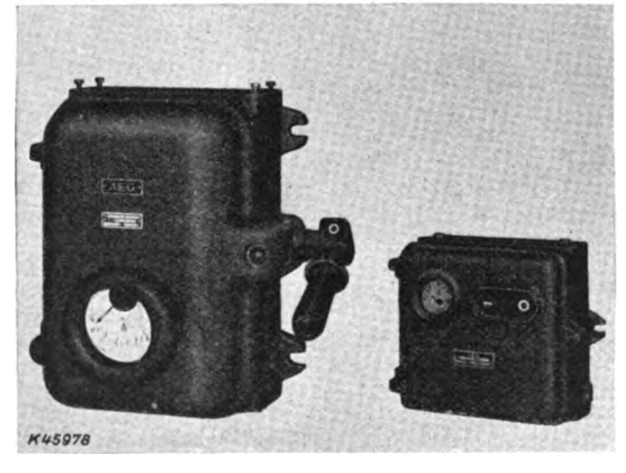


Abb. 13. 60 A-Schaltkasten alter und neuer Konstruktion.

[3]) W. Höpp. Die Isolierung der Niederspannungsschaltgeräte, ETZ 59 (1938) S. 440.

Die Anwendung von Isolierstoffkapselungen wird offenbar um so mehr gefördert, je leistungsfähiger und kleiner die Einbaugeräte werden, weil die Größe der Isolierkapseln sowohl aus Festigkeitsgründen als auch vor allem wegen der Formenkosten und durch die Größe der erforderlichen Pressen ihre Begrenzung findet. Der in Abb. 12 gezeigte dreipolige Leistungs-Druckknopfschalter ist, was Einfachheit, Kleinheit und Leistungsfähigkeit anbelangt, wohl das Vollkommenste, was die Schaltgerätetechnik bis heute hervorgebracht hat. Er erfüllt alle theoretischen und praktischen Anforderungen. Der Schalter hat sechs Kontakte zu je 60 A, die bequem durch Daumendruck geschaltet werden. Er hat Schnelleinschaltung, gute Endrast und langsame Anhebung.

Die sprunghafte Verkleinerung mancher Schaltgeräte, wie sie besonders der neue 60 A-Schaltkasten in Abb. 13 zeigt, hat ihre Ursache in der Verwirklichung der am Schluß gegebenen Grundsätze. Der Preis dieses Schaltkastens wurde auf die Hälfte, das Gewicht in Gußeisenkapsel auf ein Viertel, in Isolierausführung auf ein Fünftel gesenkt.

Zusammenfassung.

Um zu einer werkstoffsparenden Konstruktion zu gelangen, ist im wesentlichen nach folgenden Grundsätzen zu verfahren:

1. Es sollen keine toten Räume vorhanden sein.
2. Der elektrische und mechanische Sicherheitsgrad soll in allen Teilen einem bestimmten, noch wirtschaftlichen Wert möglichst nahekommen.
3. Die Zugänglichkeit der Anschlüsse und die leichte Auswechselbarkeit des eingebauten Gerätes darf nicht auf Kosten der vorhergehenden Forderung erfolgt sein.
4. Beschränkung der Zahl der Teile auf das theoretisch notwendige Minimum.
5. Einfachheit der Teile, auch bei Preß- und Stanzteilen Vermeidung von Stanzabfällen. Gebogene Stanzteile sind unsicherer und teurer als glatte Teile.
6. Von grundlegender Bedeutung ist die Ausbildung von Schaltgeräten nur für Drehstrom, d. h. ohne Rücksicht auf Gleichstrom unter Benutzung der lichtbogenfreien Schaltweise mittels Zweifachunterbrechung je Pol, der Löschfunkenstrecke, des kleinen Kontakthubes und die Anwendung kurzer Strombrücken.
7. Verwendung nicht oxydierender Feinsilberkontakte statt Tastbürsten.
8. Weitgehende Anwendung der Stromeinschnürung.
9. Verwendung von Schmalklemmen und hochkant gestellten Kontakten.
10. Vermeidung inaktiver Bauteile.
11. Verwendung mechanischer entlasteter dünner Isolierplatten.
12. Verwendung von Lenkern, Wellen und Hebeln aus Isolierstoff.
13. Gestaltung von Isoliersockel, Lager, Trennwänden usw. zu einem vielseitig benutzten gemeinsamen Preßkörper.
14. Bei keramischen Körpern einfachste feste Formen anwenden.

Digitized by Google

Frequenzunabhängige kapazitiv-ohmsche Spannungsteiler für Meßzwecke.

(Mitteilung aus dem Institut für elektrische Schwingungslehre und Hochfrequenztechnik.)

Von O. Zinke VDE, Berlin.

DK 621.317.727.027.3 +. 029.6

Übersicht. Gegenüber den bekannten rein ohmschen und rein kapazitiven Spannungsteilern besitzen gemischte Teiler besondere Vorteile, wenn es sich darum handelt, Gleichspannungen und hochfrequente Spannungen bzw. Spannungsstöße formgetreu zu unterteilen. Die richtige Bemessung gemischter Teiler mit möglichst geringem Aufwand wird unter Berücksichtigung der Erdkapazitäten und Streukapazitäten angegeben. Die günstigen Eigenschaften der vorgeschlagenen Meßteiler mit „Kapazitätsausgleich" werden an zwei Beispielen, einem Hochspannungsteiler mit Kathodenstrahl-Oszillographen und einem thermischen Voltmeter, für mehrere Meßbereiche deutlich.

Einleitung.

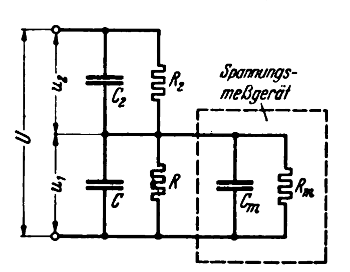
Die Spannungsmessung mit Hilfe von Spannungsteilern und einem Spannungsmesser mit im Vergleich zur Meßspannung kleinem Meßbereich erfolgt bis jetzt fast ausschließlich mit rein ohmschen oder mit rein kapazitiven Teilern. Dabei wird der Widerstandsteiler in der Niederfrequenztechnik bevorzugt, während der kapazitive Spannungsteiler für die Messung hochfrequenter Spannungen bzw. von Spannungsstößen besonders geeignet erscheint[1]). Der an sich naheliegende Gedanke, durch Vereinigung der beiden Elemente einen gemischten, frequenzunabhängigen Teiler zu bauen, ist erst in neuerer Zeit bekannt geworden, als in der Hochspannungstechnik sich die Forderung erhob, einen für die Messung steiler Stoßspannungen geeigneten Teiler zu schaffen. Mit einem gemischten Teiler hat man auch bereits eine andere Aufgabe der Meßtechnik gelöst, die Aufgabe, einen Spannungsmesser mit mehreren Meßbereichen für Gleichspannungen und Wechselspannungen sehr hoher Frequenz (Größenordnung 10 MHz) zu entwerfen. Als gemischter Teiler kommt dafür allerdings nur ein Teiler in Betracht, bei dem eine Kette von Kapazitäten einer Kette von Widerständen parallel geschaltet ist. Eine Reihenschaltung von Kapazitäten und Widerständen würde nur die Nachteile des rein ohmschen und des rein kapazitiven Teilers in sich vereinigen[2]).

Deshalb sollen im folgenden die Grundsätze für einen aus parallelgeschalteten Widerständen und Kondensatoren aufgebauten Teiler aufgestellt werden. Auf die Vorteile des gemischten Teilers für die Messung steiler Hochspannungsstöße hat in jüngster Zeit E l s n e r[3]) besonders hingewiesen. Anschließend wird über den Aufbau gemischter Teiler mit kleinstem Aufwand berichtet, wobei sich z. T. andere Grundsätze als die von Elsner entwickelten ergeben. Ferner wird über die erfolgreiche Anwendung der Grundsätze beim Bau frequenzunabhängiger, thermischer Voltmeter mit mehreren Meßbereichen berichtet.

Der zweistufige Spannungsteiler.

Den grundsätzlichen Aufbau des gemischten Teilers zeigen die Abb. 1 a und 1 b. Die Meßspannung U von beliebiger Frequenz bzw. Kurvenform soll als geteilte Spannung u_1 dem Meßgerät zugeführt werden. In Abb. 1 a ist die Eingangskapazität des Oszillographen bzw. eines Röhrenvoltmeters oder statischen Voltmeters mit C_m berücksichtigt. Den Eingangswirkwiderstand des Meßgeräts stellt R_m dar. Bei Anschluß eines Röhrenvoltmeters ist zu beachten, daß C_m bis zu höchsten Frequenzen (300 MHz) konstant bleibt, während R_m oberhalb von etwa 1 MHz mit wachsender Frequenz stark abnimmt. Im allgemeinen wird aber R gegen R_m klein bleiben, so daß die Veränderung von R_m nicht stört.

Im Fall der Abb. 1 b wird die geteilte Spannung u_1 mittelbar durch den Spannungsabfall des Meßstroms an R_m gemessen. R_m ist dabei z. B. der Heizerwiderstand des Thermoelements eines thermischen Voltmeters.



C_m Eingangskapazität des Spannungsmessers
R_m Verlustwiderstand des Spannungsmessers
U Meßspannung
u_1 Spannung, die dem Spannungsmesser bzw. Oszillographen zugeführt wird

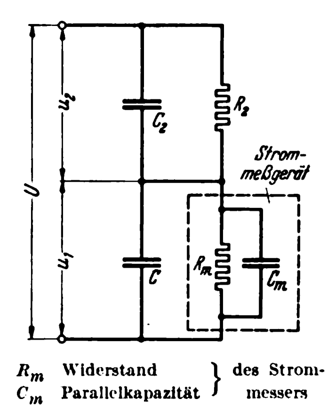
Abb. 1a. Grundschaltung des zweistufigen Spannungsteilers.

Damit bei jeder Frequenz das Übersetzungsverhältnis $ü = U/u_1$ konstant ist, muß das G r u n d g e s e t z d e s g e m i s c h t e n T e i l e r s erfüllt sein: die kapazitiven Widerstände müssen im gleichen Verhältnis aufgeteilt sein wie die Wirkwiderstände. Also gilt für Abb. 1 a

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{\dfrac{1}{\omega C_2}}{\dfrac{1}{\omega C_1}} = \frac{R_2}{R_1}\,, \quad \text{mit } C_1 = C + C_m; \quad R_1 = \frac{R\,R_m}{R + R_m}$$

oder

$$R_1 C_1 = R_2 C_2. \tag{1a}$$



R_m Widerstand } des Strommessers
C_m Parallelkapazität } des Strommessers

Abb. 1b. Zweistufiger Spannungsteiler mit indirekter Spannungsmessung.

Sind nach (1 a) die Zeitkonstanten für jede Stufe aufeinander abgeglichen, so hat die Frequenz der Meßspannung auf das Übersetzungsverhältnis des Teilers keinen Einfluß. Mit wachsender Frequenz nimmt zwar die Kondensatorkette einen steigenden Blindstrom auf, die Widerstandskette führt aber davon unabhängig einen konstanten Wirkstrom. Der Strom durch R_2 teilt sich auf R und R_m auf, während der von C_2 geführte Blindstrom auf C und C_m übergeht.

Für die in Abb. 1 b gezeichnete Schaltung gilt entsprechend

$$R_2 C_2 = R_m (C + C_m). \tag{1b}$$

Da eine Stoßwelle mit steiler Front bekanntlich als Spektrum andauernder Sinusschwingungen zuzüglich einer Gleichspannungskomponente dargestellt werden kann, ist der gemischte Teiler grundsätzlich in der Lage, nicht nur Gleichspannungen und hochfrequente Spannungen ($f > 10$ MHz) im gleichen Verhältnis $ü$ zu teilen, sondern auch einen Spannungsstoß mit einer Stirn von $< 0{,}1\,\mu$s Dauer formgetreu ohne Verschleifung zu übertragen. Zu beachten ist allerdings bei sehr hohen Frequenzen der

[1]) W. Raske, Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 653, 732.
[2]) E. Rogowski, O. Wolff, H. Klemperer, Arch. Elektrotechn. 23 (1930) S. 579.
[3]) R. Elsner, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 23.

Digitized by Google

Einfluß der Selbstinduktion der Widerstände und Zuleitungsinduktivitäten bei den Kondensatoren. In Abb. 2 sind diese Induktivitäten berücksichtigt. Es bleibt hier $\ddot{u} = U/u_1$ frequenzunabhängig erhalten, wenn

$$\frac{L_{R_1}}{R_1} = \frac{L_{R_2}}{R_2} \qquad (2a)$$

und

$$\left.\begin{aligned} C_1 L_{C_1} &= C_2 L_{C_2} \\ \text{bzw.}\quad \frac{L_{C_1}}{R_1} &= \frac{L_{C_2}}{R_2} \end{aligned}\right\} \qquad (2b)$$

abgeglichen wird. Wenn die Bedingungen (1 a), (2 a), (2 b) erfüllt sind, kommt es bei der Anordnung nach Abb. 1 a gar nicht darauf an, ob die Widerstände frequenzabhängig, spannungsabhängig oder temperaturabhängig sind. Es müssen sich nur die Widerstände R_1 und R_2 jeweils um den gleichen Prozentsatz ändern. Dagegen fordert die mittelbare Spannungsmessung nach Abb. 1 b eine absolute Konstanz der Widerstände.

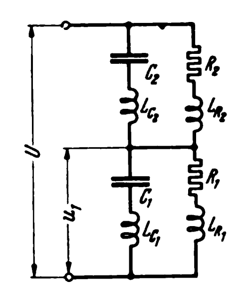


Abb. 2. Zweistufiger Teiler mit Berücksichtigung der Leitungsinduktivitäten.

Als Widerstände kommen Kohleschichtwiderstände, Flüssigkeitswiderstände[4]) und induktionsarme Drahtwiderstände[5]) (z. B. Schniewindt-Band) in Betracht. Allerdings berichtet Raske[6]), daß die von ihm untersuchten Kohleschichtwiderstände die starke dynamische Beanspruchung bei der Aufnahme von Stoßwellen auf die Dauer nicht ausgehalten haben. Für Niederspannungszwecke oder Hochspannungsmessungen ohne Stoßbelastung sind aber Kohleschichtwiderstände besonders vorteilhaft, weil hier die Selbstinduktion völlig zu vernachlässigen ist.

Die grundsätzliche Frequenzunabhängigkeit des gemischten Teilers wird gestört, wenn R_2 durch den Einfluß der verteilten Erdkapazitäten bei hohen Frequenzen gefälscht wird, während R_1 diesem Einfluß nicht unterliegt, weil die Spannung an R_1 meist um zwei Größenordnungen geringer ist als an R_2. Die Untersuchung des Einflusses der Erdkapazität führt zum mehrstufigen Spannungsteiler mit Kapazitätsausgleich.

Der gleichmäßig gestufte Spannungsteiler.

Es sei ein Teiler nach Abb. 3 betrachtet, bei dem der Widerstand je Längeneinheit mit R, die Induktivität entsprechend mit L, die Erdkapazität mit C_0, die verteilte Parallelkapazität mit C bezeichnet ist. Es sind C_0 und C als konstant angenommen. Dann gilt für den Gesamtwiderstand mit N Stufen $R_N = R\,N$ und für die gesamte Erdkapazität $C_{0_N} = C_0\,N$, ferner $L_N = L\,N$ und $C_N = C/N$.

Es erhebt sich nun die Frage, unter welchen Umständen das Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = U/u_n$ mit N/n übereinstimmt. Rechnet man den Teiler als Leitung durch, so folgt

$$\left.\begin{aligned} \ddot{u} &= \frac{U}{u_n} = \frac{\mathfrak{Sin}\, g\,N}{\mathfrak{Sin}\, g\,n} \quad \text{mit} \quad g = \sqrt{\frac{R + j\,\omega\,L}{1 + (R + j\,\omega\,L)\,j\,\omega\,C}\,j\,\omega\,C_0} \\ \ddot{u} &= \frac{N}{n}\;\frac{1 + \frac{1}{6}\,(g\,N)^2 + \cdots}{1 + \frac{1}{6}\,(g\,N)^2 \left(\frac{n}{N}\right)^2 + \cdots} \quad \text{mit} \quad (g\,N)^2 = \frac{(R_N + j\,\omega\,L_N)\,j\,\omega\,C_{0N}}{1 + (R_N + j\,\omega\,L_N)\,j\,\omega\,C_N} \end{aligned}\right\}. \qquad (3)$$

Da das Übersetzungsverhältnis lediglich N/n entsprechen soll, ist dafür zu sorgen, daß $g\,N < 1$ bleibt.

Im allgemeinen wird C nicht wesentlich größer sein als C_0, so daß C_{0N} den Wert C_N erheblich überwiegt. In diesem Fall muß

$$(R_N + j\,\omega\,L_N)\,j\,\omega\,C_{0N} < 1$$

bleiben, wenn $\ddot{u}$ nicht von seinem Nennbetrag N/n abweichen soll. Es sind dann, wenn der Fehler 1 % nicht übersteigen soll, die Bedingungen

$$R_N\,\omega\,C_{0N} \leqq 1 \text{ bzw. } R_N\,C_{0N} = N^2 R\,C_0 \leqq \frac{T}{2\pi};\; T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad (4)$$

und

$$\omega^2 L_N\,C_{0N} \leqq \frac{1}{15} \text{ bzw. } \frac{L_N}{R_N} = \frac{L}{R} \leqq \frac{T}{100} \qquad (5)$$

einzuhalten.

Ein Spannungsteiler mit dem Widerstand R_N und der gesamten Erdkapazität C_{0N} ist also nur bis zu Frequenzen brauchbar, deren Periodendauer größer ist als $6\,R_N\,C_{0N}$. Für eine Teiler-Zeitkonstante von 1 µs liegt die Grenzfrequenz bereits bei 160 kHz.

I. Kapazitätsausgleich durch konstante Parallelkapazitäten. — Diese ungünstigen Verhältnisse lassen sich, wie auch Elsner für einen induktionsfreien Teiler nachgewiesen hat,

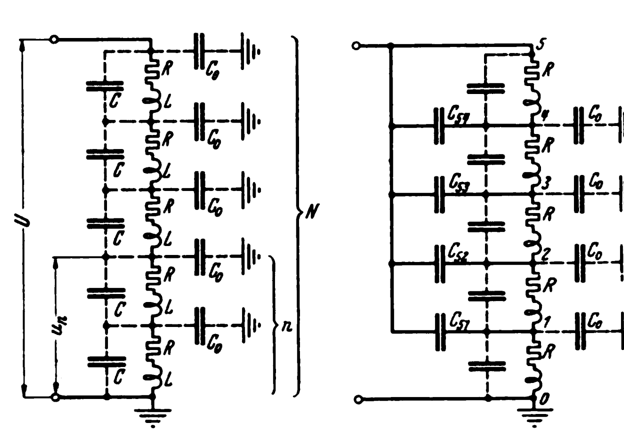


Abb. 3. Gleichmäßig gestufter Spannungsteiler mit Erdkapazitäten C_0.

Abb. 4. „Geschildeter" Widerstandsteiler nach Hagenguth.

dadurch vermeiden, daß C sehr stark im Verhältnis zu C_0 vergrößert wird. Elsner empfiehlt, das Verhältnis C_{0_N}/C_N zu $\leqq 0{,}36$ zu wählen. In der Tat ist dann $(g\,N)^2$ auch bei den höchsten Frequenzen 0,36 und der Fehler von $\ddot{u}$ oberhalb der Grenzfrequenz konstant 6 %. Man muß sich aber darüber klar sein, daß die Vergrößerung von C_N auf $2{,}8\,C_{0N}$ eine einschneidende Vermehrung der Parallelkapazitäten C bedingt. Es ist z. B. für $N = 10$ dann $C = 280\,C_0$! Man muß also nach der Vorschrift von Elsner so große Parallelkapazitäten verwenden, daß die Erdkapazitäten keine Rolle spielen.

II. Der gleichmäßig gestufte Spannungsteiler mit Schirmelektrode. — Einen anderen Weg, die Erdkapazitäten unschädlich zu machen, hat Hagenguth[7]) gezeigt. Mit dem oberen Pol des Teilers ist eine Schirmelektrode verbunden, welche den Erdkapazitäten C_0 die nötigen Ladeströme zuführt.

Das Grundgesetz des gemischten Teilers liefert z. B. für eine Anordnung nach Abb. 4

$$\frac{\dfrac{1}{\omega\,C_{54}}}{\dfrac{1}{\omega\,C_0}} = \frac{R_{54}}{R_{40}};\quad R_{54}\,C_{54} = R_{40}\,C_0;\quad R_{40} = 4\,R;\quad R_{54} = R.$$

Damit müssen die Ausgleichskapazitäten folgende Werte erhalten:

$$C_{54} = 4\,C_0 \qquad C_{53} = 1{,}5\,C_0$$
$$C_{52} = 0{,}66\,C_0 \qquad C_{51} = 0{,}25\,C_0.$$

4) W. Raske, Arch. techn. Messen Z 116 — 3 (1939) Februar.
5) Wie Fußnote 3.
6) Wie Fußnote 4.

7) T. H. Hagenguth, Electr. Engng. 56 (1937) S. 67.

Digitized by Google

Durch Zuschalten dieser Ausgleichskapazitäten erreicht man, daß unabhängig von der Frequenz an jeder Stufe genau die gleiche Spannung $U/5$ steht. Damit nicht etwa Zuleitungsinduktivitäten stören, hat Hagenguth die Kapazitäten so ausgebildet, daß mit dem Hochspannungspol ein sich nach unten weitender Schirm verbunden wurde, von dem aus die Feldlinien nach dem Teiler übergehen.

Da für Stoßspannungen der Größenordnung MV ein solcher Schirm kostspielig und sperrig ausfällt, sei auf folgenden sehr wirtschaftlichen Weg hingewiesen.

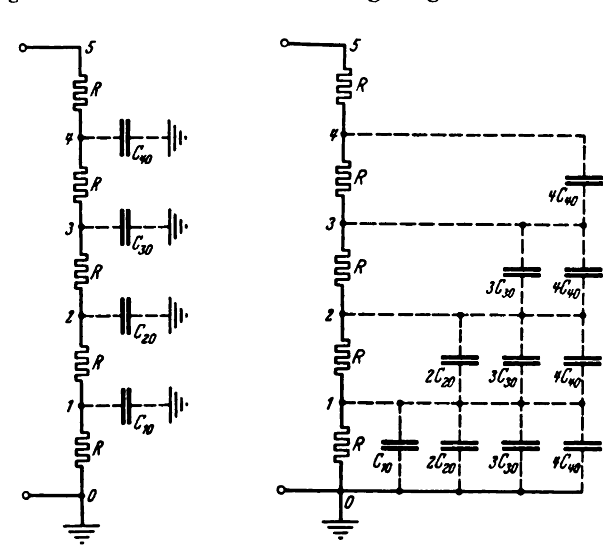


Abb. 5a. Gleichmäßig gestufter Spannungsteiler mit verschiedenen Erdkapazitäten.

Abb. 5b. Gleichwertige Darstellung der Erdkapazitäten.

III. Kapazitätsausgleich mit abgestuften Parallelkapazitäten. — Grundsatz ist natürlich wiederum der Abgleich der Zeitkonstanten für jede Stufe. Es sei nach Abb. 5a ein gleichmäßig gestufter Widerstandsteiler mit verschiedenen Erdkapazitäten C_{10} bis C_{40} betrachtet. Es soll nun erreicht werden, daß trotz der Erdkapazitäten an jedem Widerstand der gleiche Spannungsabfall auftritt. Dann ergibt sich der Ausgleich aus folgender Überlegung. Man denke sich die Erdkapazitäten in mehrere Einzelkapazitäten aufgeteilt, wobei die Gesamtkapazität erhalten bleibt. Die Stufen der Einzelkapazitäten sollen den Widerstandsstufen entsprechen. Dann ergibt sich Abb. 5b. Jetzt erkennt man sofort, wie der Kapazitätsausgleich durchzuführen ist. Zwischen 1 und 2 hat man C_{10} parallel zu schalten, zwischen 2 und 3 entsprechend $C_{10} + C_{20}$, zwischen 3 und 4 ebenso $C_{10} + 2\,C_{20} + 3\,C_{30}$. Sind die Kapazitäten C_{10}, C_{20}, C_{30} alle gleich C_0, so ergibt sich

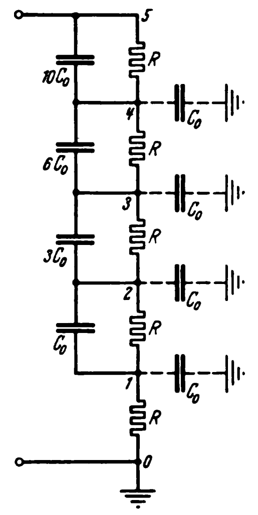


Abb. 6. Ausgleich mit gestuften Parallelkapazitäten (Erdkapazitäten $C_{10} = C_{20} = C_{30} = C_{40} = C_0$)

$$C_{p_{12}} = C_0 \qquad C_{p_{23}} = 3\,C_0$$
$$C_{p_{34}} = 6\,C_0 \qquad C_{p_{45}} = 10\,C_0$$

allgemein
$$C_{p\;n,\,n+1} = \frac{n\,(n+1)}{2}\,C_0 . \tag{6}$$

Der Aufbau des Spannungsteilers ist aus Abb. 6 ersichtlich. Einen Widerstand wird man zunächst so in Stufen aufteilen, daß für die einzelne Stufe bei der höchsten zu übertragenden Frequenz die Beziehung $R\,\omega\,C_0 < 1$ erfüllt ist. Damit ermittelt man die Zahl der notwendigen Stufen, die nunmehr mit den Ausgleichskapazitäten belastet werden. Die größte Ausgleichskapazität muß an dem Punkt angebracht werden, der die höchste Spannung gegen Erde führt. In Abb. 7a und 7b sind die Kapazitätswerte angegeben, die beim gleichmäßigen (7a) bzw. abgestuften Kapazitätsausgleich (7b) notwendig sind. Die Abb. 7a stellt eine von Elsner verwendete Schaltung dar, bei welcher der Kathodenstrahloszillograph über ein mit dem Wellenwiderstand von 42 Ω abgeschlossenes Kabel an einen Widerstand von 18 Ω angeschlossen war. Der resultierende Widerstand R_1 betrug demnach 12,5 Ω. Der Vorwiderstand aus Schniewindt-Band hatte 5628 Ω. Er war in fünf Stufen unterteilt, die mit je etwa 2000 pF überbrückt wurden. — Führt man dagegen nach den oben entwickelten Grundsätzen einen abgestuften Kapazitäts-

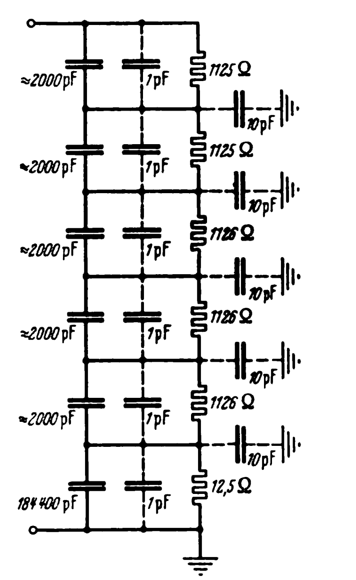


Abb. 7a. Hochspannungs-Meßteiler mit gleichen Parallelkapazitäten nach Elsner.

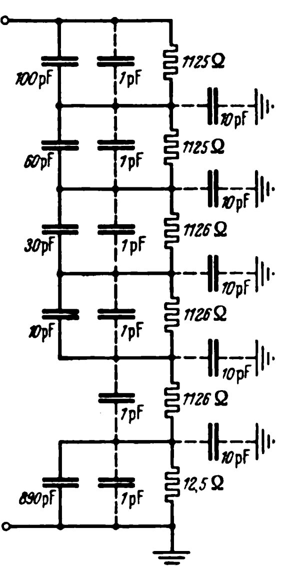


Abb. 7b. Hochspannungs-Meßteiler mit gestuften Parallelkapazitäten entsprechend Abb. 6.

ausgleich durch, so erreicht man die gleichmäßige Spannungsverteilung mit den geringeren Kapazitätswerten, die aus Abb. 7b ersichtlich sind.

Der Kapazitätsausgleich des allgemeinen Spannungsteilers.

Für einen nach Abb. 8 aufgebauten Teiler mit beliebigen Widerständen R_1 bis R_5 und verschiedenen Parallel- und Erdkapazitäten ist der Ausgleich mit Parallelkapazitäten C_p so durchzuführen, daß folgende Beziehungen gelten:

$$\left.\begin{aligned}
R_4\,(C_4 + C_{p_4}) + (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)\,C_{40} &= R_5\,(C_5 + C_{p_5})\\
R_3\,(C_3 + C_{p_3}) + (R_1 + R_2 + R_3)\,C_{30} &= R_4\,(C_4 + C_{p_4})\\
R_2\,(C_2 + C_{p_2}) + (R_1 + R_2)\,C_{20} &= R_3\,(C_3 + C_{p_3})\\
R_1\,(C_1 + C_{p_1}) + R_1\,C_{10} &= R_2\,(C_2 + C_{p_2})
\end{aligned}\right\} . \tag{7}$$

Nach den Gl. (7) können die Ausgleichskapazitäten C_{p_1} bis C_{p_5} leicht berechnet werden. Demjenigen Widerstand, der vor dem Abgleich die höchste Zeitkonstante besitzt, wird keine Kapazität parallel geschaltet.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß für den Fall

$$R_5 \gg R_4 \gg R_3 \gg R_2 \gg R_1$$

der Ausgleich auch dadurch herbeigeführt werden kann, daß man keine Parallelkapazitäten C_p verwendet, sondern die Erdkapazitäten C_0 um gewisse Werte C_{z_1} bis C_{z_4} ver-

Digitized by Google

mehrt, die sich entsprechend Abb. 9 aus den Gl. (8) ergeben:

$$\left.\begin{aligned} R_5 C_5 &= (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)(C_{40} + C_{z_4}) + R_4 C_4 \\ R_4 C_4 &= (R_1 + R_2 + R_3)(C_{30} + C_{z_3}) + R_3 C_3 \\ R_3 C_3 &= (R_1 + R_2)(C_{20} + C_{z_2}) + R_2 C_2 \\ R_2 C_2 &= R_1 (C_{10} + C_{z_1}) + R_1 C_1 \end{aligned}\right\} . \quad (8)$$

In Sonderfällen wird man die Widerstände so abstufen können, daß mit den natürlichen Parallel- und Erdkapazitäten der Ausgleich erzielt ist bzw. nur sehr geringe Kapazitäten C_p und C_z in der Größenordnung von C und C_0 benötigt werden.

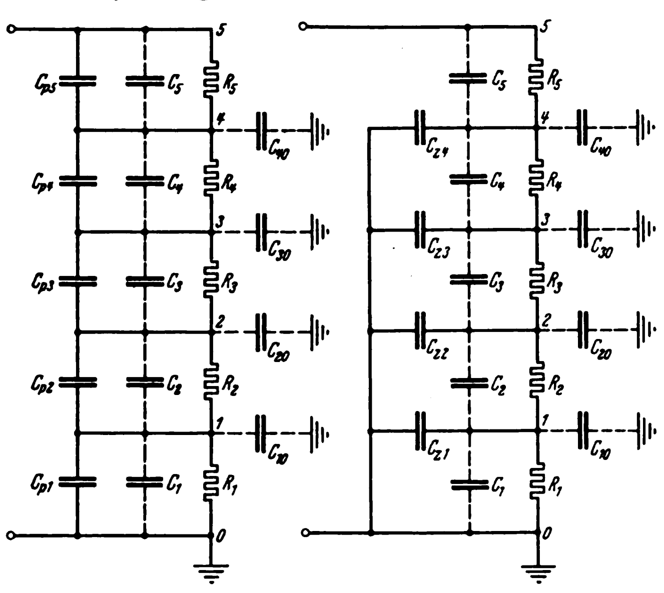


Abb. 8. Kapazitätsausgleich des allgemeinen Spannungsteilers mit Parallelkapazitäten C_p.

Abb. 9. Kapazitätsausgleich des Spannungsteilers mit Zusatzkapazitäten C_z $(R_5 > R_4 > R_3 > R_2 > R_1)$.

Um zu zeigen, wie günstig sich der Ausgleich mit abgestuften Kapazitäten auswirkt, erwähnen wir als Beispiel den Ausgleich an den Vorwiderständen eines thermischen Voltmeters. Das mit Kohleschichtwiderständen ausgerüstete Meßgerät war mit Klemmen für Meßbereiche von 10 V, 50 V und 300 V versehen. Im Bereich von 300 V zeigte sich bereits bei 250 kHz ein Fehler von 100 %, während nach dem Kapazitätsausgleich selbst bei der Frequenz von 1,6 MHz der Fehler noch unter 1 % blieb.

Zusammenfassung.

Der aus der Parallelschaltung einer Kette von Widerständen und Kapazitäten entstehende gemischte Spannungsteiler hat bei richtiger Bemessung gegenüber dem rein ohmschen bzw. dem rein kapazitiven Spannungsteiler den Vorzug der Frequenzunabhängigkeit bis zu höchsten Frequenzen. Das Grundgesetz des gemischten Teilers besagt, daß die kapazitiven Blindwiderstände im gleichen Verhältnis wie die Wirkwiderstände aufgeteilt sein müssen, d. h. die wirksamen Zeitkonstanten müssen für jede Stufe gleichgemacht werden. Der richtige Abgleich von Leitungsinduktivitäten wird durch ein ähnliches Gesetz beherrscht.

Die Frage, wann gleichmäßig verteilte Erdkapazitäten das Übersetzungsverhältnis bei hohen Frequenzen fälschen, wird dahin beantwortet, daß eine Störung nicht eintritt, solange $R \omega C_0 < 1$ bzw. $R C_0 < T/2\pi$ bleibt $(T = 2\pi/\omega)$. C_0 bedeutet dabei die gesamte Erdkapazität der Widerstandsstufe. Dann wird die Betriebsfrequenz ω noch einwandfrei übertragen. Man muß also den Widerstand in Stufen unterteilen und ihnen Ausgleichkapazitäten parallel schalten oder zusätzliche Kapazitäten nach Erde bzw. nach dem Punkt höchster Spannung gegen Erde vorsehen. Besonders zweckmäßig ist ein Ausgleich mit abgestuften Parallelkapazitäten, weil er gegenüber der bisher vorgeschlagenen Parallelschaltung gleich großer Kapazitäten einen wesentlich geringeren Aufwand erfordert, wie sich am Beispiel eines Hochspannungs-Meßteilers zeigt.

Es werden ferner die Beziehungen für den Abgleich mehrstufiger Spannungsteiler mit beliebigen Teilwiderständen angegeben. Am Beispiel eines thermischen Voltmeters für Gleichspannung und Hochfrequenz wird erläutert, wie sich durch den Kapazitätsabgleich die Fehlergrenze weitgehend nach hohen Frequenzen verschieben läßt.

Die schwingungsfreie Petersenspule und ihr Aufbau.

DK 621.316.935.1

Im Jahre 1916 schlug Petersen die Anordnung einer Erdschlußspule zur Aufhebung der kapazitiven Kopplung gegen Erde und eine Querspule zur Kompensation der gegenseitigen Kapazität einer metallisch getrennten Doppelleitung vor. Als günstige Auswirkungen ergaben sich:

1. nur ein kurzer Überschlag einer Phase gegen Erde;
2. keine Rückzündung mit Überspannungserscheinungen;
3. kein Abbrennen der Leitungen;
4. die Möglichkeit, das Netz im Dauererdschluß zu betreiben;
5. keine einachsige Belastung;
6. keine Schrittspannung;
7. Stabilität des Netzes.

J. Kristen beschreibt[1]) eine bestimmte Bauweise für Erdschlußspulen, die sich im Laufe der Zeit herausgebildet hat. Der Eisenkern wird durch relativ kleine Luftspalte unterteilt, die nicht zu groß ausfallen dürfen, da sonst die magnetischen Kraftlinien abgedrängt werden und hierdurch Zusatzverluste entstehen. Als kleinstmögliche Blechpakethöhe werden 70 bis 80 mm angegeben. Die Distanzierung der Blechpakete geschieht durch Isolierplatten. Die durch eine solche isolierte Aufschichtung hervorgerufene kapazitive Aufladung wird durch Ableitungen zu den Jochen vermieden. Die beiden Eisenkerne einer Erdschlußspule werden über Querjoche fest verspannt. Die Regelung sieht einen Strombereich von 1:4 vor, was einer Windungsabschaltung von 1:2 entspricht. Da bei Regelumspannern eine Regelung von höchstens ± 15% die Norm ist, muß beim Aufbau von Erdschlußspulen folgendes beachtet werden:

1. die räumliche Verteilung der magnetomotorischen Kräfte der Wicklung relativ zur Verteilung der magnetischen Widerstände im Eisen;
2. die Erwärmung;
3. das Spannungsproblem.

Um die Verteilung der magnetomotorischen Kräfte der Wicklung über die Schenkellänge symmetrisch zu gestalten, findet eine Parallelschaltung je Eisenkern statt. Dann werden die Kraftlinien zwangsläufig über alle Luftspalte geführt und die Zusatzverluste sind klein. Die Verlustwärme beträgt nur 1%, dementsprechend erhalten die für Dauer- oder Zweistundenbetrieb bemessenen Erdschlußspulen entweder angeschweißte Kühlrippen oder nur glatte Kessel. Während der Regelung dient das gesamte Kupfer-Gewicht zur Überleitung der Verluste an das Öl. Spannungstechnisch ist der Aufbau der Wicklung ähnlich demjenigen neuzeitlicher Umspanner. Es wird Papierisolation verwendet. Die Wicklungseingänge sind mit Schutzringen zur Erzielung einer guten Spannungsverteilung versehen. Der Anschluß einer Erdschlußspule erfolgt an den Sternpunkt eines Leistungsumspanners oder an einen künstlichen Sternpunkt. Die übliche Schaltung im letzten Falle ist Stern/Dreieck, um den Sternpunktsströmen nur einen kleinen Scheinwiderstand entgegenzusetzen.

Bei Überspannungen auf allen 3 Phasen treffen die Wanderwellen den Anschlußumspanner und die Erdschlußspule. Der

[1]) J. Kristen, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 743; 4 S., 8 Abb.; Disk. 1½ S., 3 Abb.

Digitized by Google

Spannungsverlauf geschieht in Form einer Rechteckwelle, die in den Umspanner einzieht und am Sternpunkt reflektiert wird. Die Sternpunktsschwingung ist etwa 100 bis 1000-fache Betriebsfrequenz. Die Spannung am Sternpunkt pendelt bis 20% über den Wert am Wicklungseingang. Ist die Wanderwelle nur einpolig, so teilt sie sich am Sternpunkt auf die beiden anderen Phasen auf, wodurch der Spannungsverlauf wesentlich gemildert wird. Auch ist eine Überlagerung derartiger Rechteckwellen bei positiver und negativer Folge denkbar. Die Isolation des Sternpunktes und aller Anschlüsse muß daher sicher sein. Beim Ändern der Stromstufe werden abgeschaltete offene Wicklungsteile vermieden, um die Gefahr eines Überschlages durch Schwingungen auszuschalten. Die Regelung geschieht spannungslos und im Bedarfsfalle unter Last.

In der Aussprache ergab sich, daß die beschriebene Erdschlußspule, streng genommen, nicht als schwingungsfrei bezeichnet werden darf. Schwingungen als solche werden eingeleitet durch die nicht stationäre kapazitive Verteilung der Spannung der einlaufenden Welle über die Wicklung und bilden den Übergang zur stationären Verteilung der Spannung entsprechend der Wicklungsinduktivität. Über Sondermaßnahmen zur Unterdrückung dieser Schwingungen wurde nicht berichtet.

Eine weitere Lösung zur Vermeidung frei schwingender Wicklungsteile besteht darin, daß die Erdschlußspule eine Primärwicklung ohne Anzapfungen erhält und diese auf einer über eine Drossel geschlossene Sekundärwicklung angeordnet sind. Der Magnetisierungsstrom ist durch die Einstellung der Luftspalte am Eisenkern gegeben und als unterste Grenze des Strombereiches zu betrachten. Zur Vergrößerung des Stromes werden Umschaltungen in der Sekundärwicklung vorgenommen. Zur Vermeidung einer kapazitiven Übertragung der Überspannungswellen auf die Sekundärwicklung wird ein geerdeter Belag zwischen Primär- und Sekundärwicklung vorgesehen, doch ist diese Anordnung nicht vollwertig, da die kapazitive Abschirmung nur für einen unwesentlichen Teil der Überspannungswellen wirksam ist.

Eine Stromregelung im Bereich bis 1:12 wurde von Hundt angegeben. Die Spule besitzt dann noch einen Quersteg, so daß 2 Fenster zur Aufnahme von Wicklungen entstehen. Bei Einzel- oder Parallelschaltung der 4 Wicklungsgruppen ist es möglich, eine nahezu gleiche magnetische Sättigung bei allen Stromwerten zu erhalten.

Die im Vortrag behandelte Konstruktion einer Erdschlußspule wird im übrigen heute mit einigen Abwandlungen grundsätzlich von allen Erdschlußspulen bauenden Firmen angewandt. *Bbg.*

Normen für Schutzkontaktstecker und -steckdosen.

VDE-Ausschuß für Installationsmaterial.

Einspruchsfrist: 1. September 1939. DK 621.316.541

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

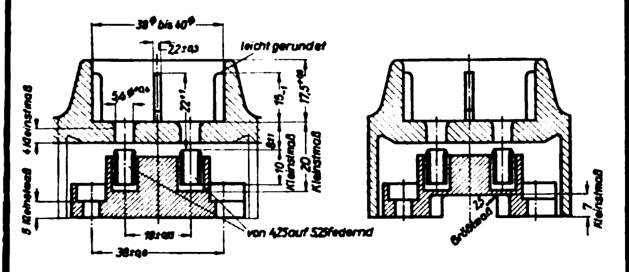
August 1939

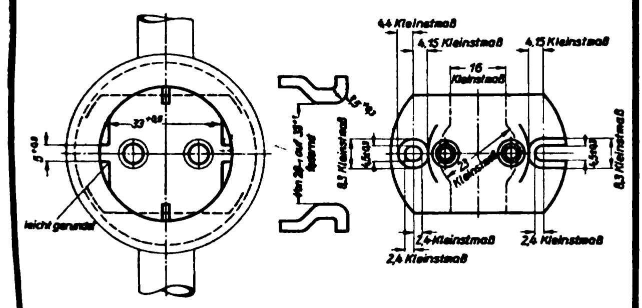
Installationsmaterial **Zweipolige Schutzkontaktsteckdose** 10 A 250 V Elektrotechnik	**DIN** Entwurf 1 VDE 9440

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich.

Wand- und Kupplungssteckdose — Aufputzsteckdose Tiefer Hohlsockel (Wahl-Ausführung)





Zulässige Abweichung zwischen den Mittellinien der Befestigungslöcher und der Kontakthülsen höchstens 1 mm.

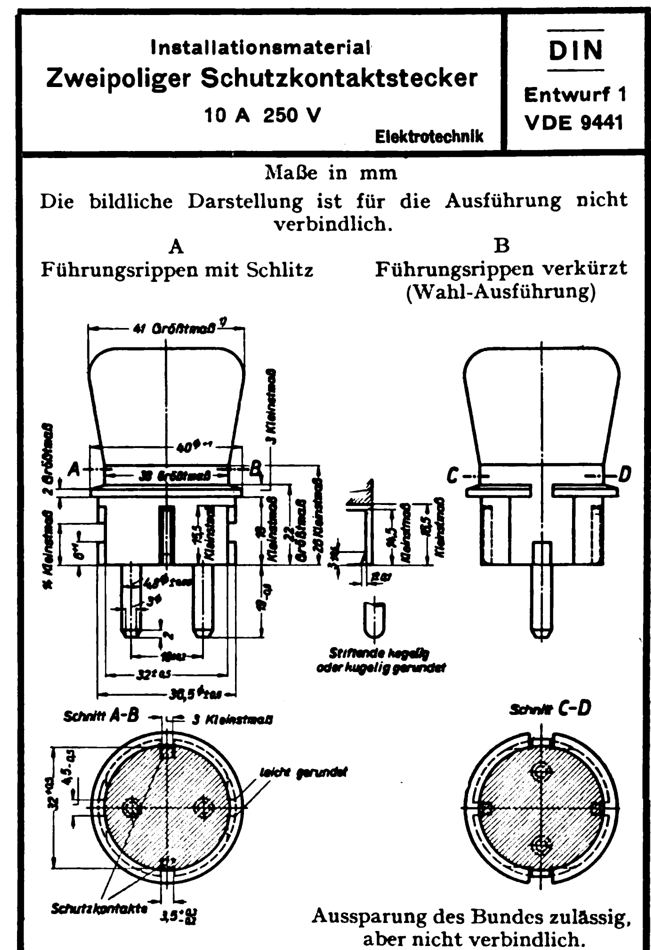
Die Steckdosen müssen VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" entsprechen.

Bei der Ausführung von zweipoligen Schutzkontaktsteckdosen sind Schutzrechte zu beachten. Auskunft erteilt die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

August 1939



Installationsmaterial **Zweipoliger Schutzkontaktstecker** 10 A 250 V Elektrotechnik	**DIN** Entwurf 1 VDE 9441

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich.

A Führungsrippen mit Schlitz — B Führungsrippen verkürzt (Wahl-Ausführung)

Aussparung des Bundes zulässig, aber nicht verbindlich.

1) Dieses Maß gilt nicht für Stecker mit abgedichteter Leitungseinführung.

Die Stecker müssen VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" entsprechen.

Bei der Ausführung von zweipoligen Schutzkontaktsteckern sind Schutzrechte zu beachten. Auskunft erteilt die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Digitized by Google

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

August 1939

Installationsmaterial

Druckwasserdichte zweipolige Schutzkontaktsteckdose 10 A 250 V

Elektrotechnik

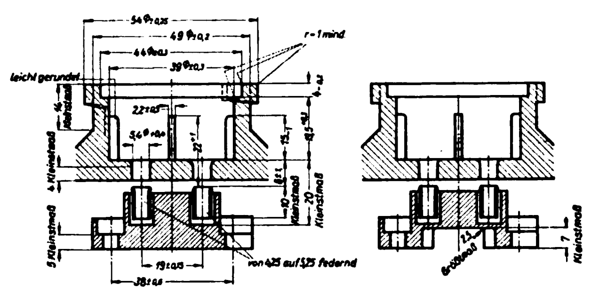
DIN Entwurf 1 VDE 9442

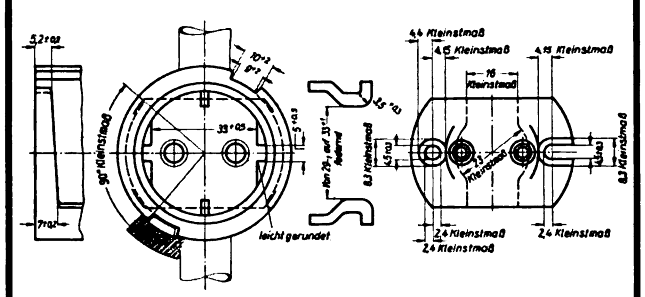
Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich.

Wand- und Kupplungssteckdose

Aufputzsteckdose Tiefer Hohlsockel (Wahl-Ausführung)





Zulässige Abweichung zwischen den Mittellinien der Befestigungslöcher und der Kontakthülsen höchstens 1 mm.

Die Steckdosen müssen VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" entsprechen.

Bei der Ausführung von zweipoligen Schutzkontaktsteckdosen sind Schutzrechte zu beachten. Auskunft erteilt die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

August 1939

Installationsmaterial

Druckwasserdichter zweipoliger Schutzkontaktstecker 10 A 250 V

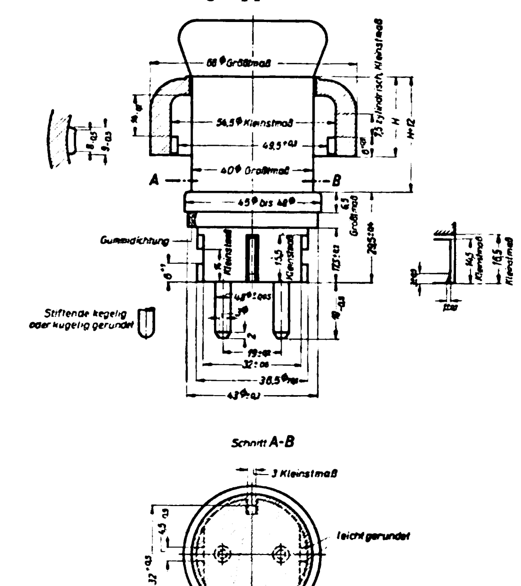
Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 9443

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich.

Führungsrippen mit Schlitz



Die Stecker müssen VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" entsprechen.

Bei der Ausführung von zweipoligen Schutzkontaktsteckern sind Schutzrechte zu beachten. Auskunft erteilt die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Zusätzliche Verluste durch Streufelder in den Wicklungen von Transformatoren.

DK 621.314.222.045 : 621.3.017.2

Die Arbeit[1]) stellt eine Ergänzung zu der bereits vor einiger Zeit erschienenen Arbeit[2]) dar. Im ersten Teil werden noch einmal die wesentlichen Formeln zur Berechnung der zusätzlichen Verluste für gleichphasige Streufelder zusammengestellt, um den Zusammenhang mit der Ableitung im zweiten Teil verständlicher zu machen. Der zweite Teil befaßt sich in Verallgemeinerung mit der Berechnung der Zusatzverluste für den Fall, daß die betrachtete Wicklung sowohl in ihrem eigenen als auch in einem fremden Streufeld benachbarter Wicklungsteile liegt, das in der Phase gegen das Eigenstreufeld verschoben ist.

Ausgehend von der von Richter[3]) für den einfachsten Fall zweier Leiter in einer Nut mit phasenverschobenen Strömen aufgestellten Formel, wurde diese sinngemäß zur Ableitung der Formeln für Transformatorenwicklungen herangezogen. Dabei zeigt sich, daß die Verhältnisse nicht so einfach liegen wie bei phasengleichen Streufeldern. Die Auswertung geschieht in der Form, daß das phasenverschobene Streufeld in zwei Komponenten zerlegt wird, von denen die eine in Phase ist mit dem Eigenstreufeld, die andere Komponente aber um 90° in der Phase dagegen verschoben ist.

Die allgemein gültige endgültige Formel zeigt, daß die Formeln für gleichphasige Streufelder nur Sonderfälle, nämlich für die Phasenverschiebung Null, darstellen. Für verschiedene besonders gekennzeichnete Fälle der Phasenverschiebung sind abschließend in einer Tafel die wichtigsten Formeln für die Berechnung der Zusatzverluste zusammengestellt. *eb.*

[1]) W. Knaack, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 89; 4 S., 7 Abb.

[2]) W. Knaack, Zusätzliche Verluste durch Streufelder bei Mehrwicklungs- und Regeltransformatoren. ETZ 58 (1937) S. 347.

[3]) R. Richter, Elektrische Maschinen. Bd. 1, S. 244. Julius Springer, Berlin 1924.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.52 + .53 : 621.315.145

Die Aufteilung des Seilzuges auf Stahl und Aluminium bei schwingungsdämpfenden Stahlaluminiumseilen. [Nach H. Glück, Siemens-Z. 19 (1939) S. 73; 5 S., 6 Abb.]

Während beim normalen Stahlaluminiumseil infolge des Reibungsschlusses zwischen Mantel- und Kernseil der Seilzug sich zwangsläufig auf beide Baustoffe aufteilt, die Aufteilung also nicht willkürlich verändert werden kann, läßt sich der Seilzug beim schwingungsdämpfenden Seil beliebig verteilen, da das Kernseil lose im Mantel liegt. Der Stahlkern erhält bei der Verseilung gegenüber dem Aluminiummantel eine Vorspannung, da die sogenannte Abzugscheibe der Verseilmaschine bei jeder Umdrehung eine etwas kleinere Länge Stahlseil herstellt als Aluminiumseil, was durch den Luftspalt zwischen Aluminium und Stahl bedingt ist. Es ist zweckmäßig, diese Stahlvorspannung bei der Montage beizubehalten. Bei einem schwingungsdämpfenden Stahlaluminiumseil von 120 mm² ergibt sich z. B. ein Längenunterschied zwischen Stahl und Aluminium von 53 mm je 100 m Seil, entsprechend einer Stahlvorspannung von 10,6 kg/mm². Wegen der größeren Wärmedehnung des Aluminiums verschwindet bei einer bestimmten, unter der Herstellungstemperatur liegenden Seiltemperatur die Stahlseilverkürzung. Wenn diese sogenannte Ausgleichstemperatur an Stelle der Herstellungstemperatur in die von A. Bürklin[1]) angegebenen Formeln eingesetzt wird, gelten diese auch für schwingungsdämpfende Stahlaluminiumseile. Bei höheren Seiltemperaturen sinkt die Zugspannung im Aluminium schneller als im Stahl und geht bei einer t_y genannten Temperatur auf Null zurück. Für verschiedene Seilquerschnitte werden in Kurventafeln die Werte t_y in Abhängigkeit von der Spannweite und der Höchstzugspannung angegeben. Ein Beispiel zeigt Abb. 1, der ein Abzugscheibendurchmesser von 3 m und eine Herstellungstemperatur von 15°C zugrunde liegen. Der Wert t_y soll nicht unter der höchsten im Betrieb zu erwartenden Seiltemperatur liegen. Wenn dies doch der Fall ist, muß die Stahlvorspannung verkleinert werden, indem die Verkürzung der Stahlseele verringert wird. Der Betrag, um den die Stahlseele verlängert werden muß, ist nur abhängig von der Ausgleichstemperatur, nicht aber von der Verlegungstemperatur. Die hierfür, für die Ausgleichstemperatur und für t_y geltenden Gleichungen sind im Aufsatz angegeben. Es wird noch der Einfluß der Abweichungen von den der Ermittlung der t_y-Werte zugrunde gelegten Größe des Luftspaltes und der Herstellungstemperatur untersucht. *eb.*

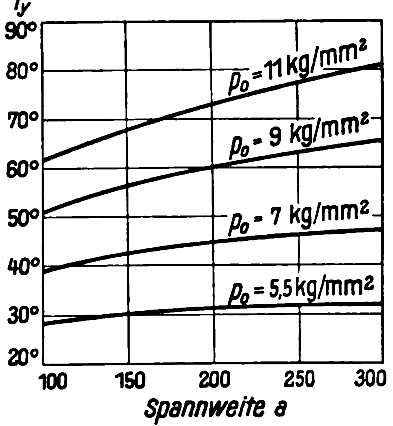


Abb. 1. Abhängigkeit der Temperatur t_y von der Spannweite a bei verschiedenen Höchstzugspannungen p_0. Nennquerschnitt 120 mm².

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.323.016.1-573.2

Die asynchronen Drehmomente von Anlaufkäfigen bei Synchronmaschinen. [Nach E. Massar, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 57; 6 S., 6 Abb.]

Synchronmotoren und Einankerumformer werden zum Anlassen meist an (reduzierte) Netzspannung gelegt und laufen unter dem Einfluß der von Wirbelströmen und den Induktionsströmen in Dämpferkäfig und Erregerwicklung erzeugten Drehmomente hoch. In der vorliegenden Arbeit wird das Anlaufdrehmoment für den Dämpferkäfig allein, bei offen gedachter Erregerwicklung und Annahme vernachlässigbaren Wirbelstromeinflusses berechnet. Es zeigt sich dabei, daß der Einfluß der Pollücken und Käfiglücken in der bekannten Gleichung für das Drehmoment der Asynchronmaschine[1]) sehr einfach bei im allgemeinen kleinen Vernachlässigungen berücksichtigt werden kann.

Oberwelleneinflüsse und Eisensättigung werden vernachlässigt. Bei der Schenkelpolmaschine mit Vollkäfig, die zuerst untersucht wird, verursachen die Pollücken Durchflutungsschwankungen und damit ein elliptisches Drehfeld der Grundwelle, das man in zwei gegenläufige Kreisdrehfelder zerlegen kann. Die Summe der von beiden Kreisdrehfeldern mit dem Käfig gebildeten asynchronen Momente stellt das „mittlere Moment" des Käfigs dar, wobei sich zeigt, daß das Moment des zum Hauptfeld gegenläufigen Drehfeldes vernachlässigbar ist. Die von jedem Drehfeld mit dem zu ihm entgegengesetzt umlaufenden Käfigstrombelag erzeugten Drehmomente wechseln während einer Schlupfperiode viermal ihre Richtung und überlagern sich dem „mittleren Moment".

Die Berechnung dieser Momente ist einfach, wenn die Halbachsen des elliptischen Drehfeldes bekannt sind. Diese lassen sich mit gewisser Annäherung bestimmen, wenn man davon ausgeht, daß die Feldkurve durch die Pollücken ebenso verändert wird wie bei der Theorie der Schenkelpolmaschine für Längs- und Querfeld angenommen. Über die für diesen Fall ermittelten und in Handbüchern angegebenen Feldfaktoren c_q und c_l, die das Grundwellenverhältnis von Maschinen mit gegenüber solchen ohne Pollücken angeben, lassen sich dann quantitative Schlüsse auf die Durchflutungsänderung und damit die Ellipsenhalbachsen ziehen. In der Gleichung für das Drehmoment kommt der Einfluß der Pollücken nur in einer Änderung der Heylandschen Streufaktoren zum Ausdruck.

Bei der im folgenden näher untersuchten häufigsten Ausführung von Schenkelpolmaschinen ohne Käfigstäbe in den Pollücken kommt hinzu, daß der Strombelag in den Käfiglücken sich nicht ausbilden kann, wodurch die Achsen der Strombelagellipse gegenüber dem Vollkäfig kleiner werden und die Ellipse selbst schlanker wird. Dies bedeutet eine Veränderung der Käfigkonstanten (Wirk- und Blindwiderstand), die wieder mittels der Faktoren c_q und c_l — hier abhängig von der Käfigbedeckung — sehr einfach ermittelt werden. Durch Einsetzen der entsprechenden Mittel- bzw. Grenzwerte erhält man sowohl das mittlere Drehmoment wie die infolge der übergelagerten Wechselmomente auftretenden Extremwerte für jeden Schlupf.

In einem Rechenbeispiel wird für einen Einankerumformer das Anlaufmoment berechnet, wobei vergleichsweise auch die Momente bei Annahme eines Vollkäfigs und weiter unter Voraussetzung eines Vollkäfigs und von Vollpolen ermittelt werden. Die Übereinstimmung mit Meßwerten, die von anderer Seite früher veröffentlicht wurden, ist gut.

Auf den Einfluß des zum Hauptfeld gegenläufigen Käfigstrombelags und die von ihm verursachte Drehmomenteinsattelung bei etwa halber Synchrondrehzahl wird kurz eingegangen.

Zum Schluß wird überschlägig die Vergrößerung des Gesamtmoments bei geschlossener Erregerwicklung untersucht, wobei sich zeigt, daß wegen der gegenüber dem Käfig im allgemeinen großen Polstreuung und der Einachsigkeit der Erregerwicklung das Zusatzmoment nur sehr gering ist. *Vb.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.634

Die Leistungsfähigkeit des Selentrockengleichrichters. [Nach K. Maier, AEG-Mitt. (1939) S. 132; 8 S., 12 Abb.]

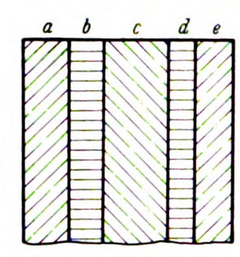
In immer größerem Maße werden in der letzten Zeit in der Praxis zur Gleichrichtung von Wechselströmen Trockengleichrichter verwandt. Die Entwicklung mußte daher bestrebt sein, die Leistungsgrenze solcher Gleichrichter immer weiter

[1]) A. Bürklin, ETZ 45 (1924) S. 1143.

[1]) Siehe z. B. Rziha-Seidener, Starkstromtechnik Bd. 1, 7. Aufl., S. 388; Wilh. Ernst & Sohn, Berlin.

Digitized by Google

nach oben zu verschieben. Gleichrichter für beliebige Leistungen herzustellen ist theoretisch nicht unmöglich, da durch Reihenschaltung mehrerer Systeme beliebig hohe Spannungen und durch Parallelschaltung beliebig große Ströme gleichgerichtet werden können. Viel wesentlicher und für die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebender sind die Fragen des Wirkungsgrades und des Spannungsabfalles. Und hier ergaben die Versuche, daß ein



a Trägerplatte
b dünne Metallschicht
c Selenhalbleiterschicht
d Sperrschicht
e Metallelektrode

Abb. 2. Schematische Darstellung einer Zelle des Selentrockengleichrichters.

luftselbstgekühlter Trockengleichrichter erst bei Spannungen, die über 80 V liegen, ungünstiger als ein Glühkathodengleichrichter arbeitet. Es ist aber dann gelungen, durch Verbesserung der Gleichrichter, indem entweder der Plattenabstand der Selenkörper oder die Abkühlungsfläche durch Kühlplatten vergrößert wurde, die Leistung der Gleichrichter so weit zu steigern, daß sie unterhalb einer bestimmten Grenze günstiger als die Glühkathodengleichrichter arbeiten. In der Arbeit sind hierfür mehrere graphische Darstellungen angegeben. Selbstverständlich ist auch die Leistungsabhängigkeit eines Trockengleichrichters im wesentlichen durch seinen physikalischen Aufbau bedingt. In Abb. 2 ist ein solcher Selengleichrichter schematisch dargestellt. Auf einer Trägerplatte *a*, die mit einer in chemischer und elektrischer Hinsicht sehr dünnen Metallschicht *b* überzogen ist, befindet sich eine Selenhalbleiterschicht, deren oberste Schicht als Sperrschicht *d* bezeichnet ist, die an der anderen Seite von einer aufgespritzten Metallelektrode *e* begrenzt wird. In einem solchen Körper können die Elektronen leichter von der Seite *e* her auf die Halbleiterschicht gelangen als umgekehrt. Wird eine solche Zelle beansprucht, so treten hier die größten Verluste auf, welche man wohl auch Durchlaßverluste genannt hat. Die genauen physikalischen Verhältnisse sind von dem Verfasser in seinem Buch[1]) erläutert. Durch eingehende Versuche wurde auch gezeigt, daß der Spannungsabfall eines Trockengleichrichters im Gegensatz zu dem Glühkathodengleichrichter nicht gleichbleibend ist, sondern eine Funktion der Größe des Durchlaßwiderstandes. An Hand vieler Kurven werden alle diese Ergebnisse anschaulich erklärt und an Hand mehrerer in der Praxis vorkommenden üblichen Gleichrichterarten und Systeme näher behandelt. *Hsr.*

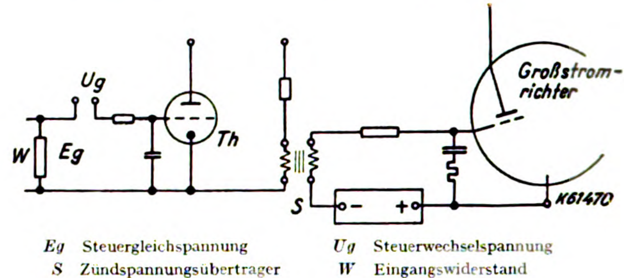
DK 621.314.652 : 621.316.722/.728

Feinsteuerung großer Leistungen über Stromrichter. [Nach K. Herzog und G. Vafiadis, AEG-Mitt. (1939) S. 71; 5 S., 8 Abb.]

Für die Feinregelung elektrischer Größen, Spannungen, Drehzahl, Leistung usw., über Stromrichter wurde ein neues Röhrensteuergerät durchgebildet. Ziel der Entwicklung war eine Steuerapparatur, die neben Anwendbarkeit auf beliebig große Leistungen der zu steuernden Stromrichter eine vielseitige Verwendung bei allen nur denkbaren Stromrichter-Reglungen ermöglicht und höchste Betriebssicherheit — die erste Vorbedingung für eine allgemein industrielle Verwendung — gewährleistet. Die Ausbildung als reines Röhrengerät hat dabei gegenüber mechanischen Reglern den Vorteil geringsten Meßleistungsbedarfes, höchster Regelgenauigkeit und Regelgeschwindigkeit. Das neue Gerät kann eingesetzt werden zur Spannungs- und Drehzahlregelung von elektrischen Maschinen, aber in erster Linie für Regelaufgaben bei chemischen und metallurgischen Großerzeugungsanlagen.

Im Aufbau der Steuerung lassen sich drei Teile unterscheiden: Das Meßglied, der Meßwertverstärker und das Gittersteuergerät. Dem Meßglied obliegt die Umwandlung des Meßwerts in eine proportionale Gleichspannung und der Vergleich dieser Spannung mit einer als Meßnormal dienenden, hochkonstanten Hilfsgleichspannung. Der Meßwertverstärker — ein dreistufiger Gleichstrom-Röhrenverstärker — verstärkt die entstandene Spannungsdifferenz. Er verwendet ausschließlich Triodenröhren und ist durch die besondere Schaltung seines Netzanschlußteiles von allen Spannungs- und Frequenzschwankungen des Speisenetzes vollkommen unabhängig. Die besondere Kennzeichnung der Schaltung ist gegeben durch das Gittersteuergerät. Seine Grundschaltung zeigt Abb. 3. Die veränderliche Ausgangsgleichspannung E_g des Meßwertverstärkers verschiebt den Nulldurchgang der konstanten Gitterwechselspannung U_g und damit die Zündphase des Steuerthyratrons *Th*. Beim Zünden von *Th* überträgt der Übertrager *S* eine außerordentlich steile, dabei jedoch leistungsstarke Zündspannungsspitze auf das zugehörige Gitter des Stromrichters, dessen Zündphase also dadurch von E_g bestimmt wird. Die Zwischenschaltung des Übertragers *S* ermöglicht dabei die für solche Steuerungen unumgänglich notwendige galvanische Trennung von Stromrichter- und Verstärker-Potential.

Das gesamte Steuergerät ist in mehreren einheitlichen Verstärkerplatten aufgebaut, die je nach dem besonderen Anwendungsfall bausteinartig zusammengesetzt werden.

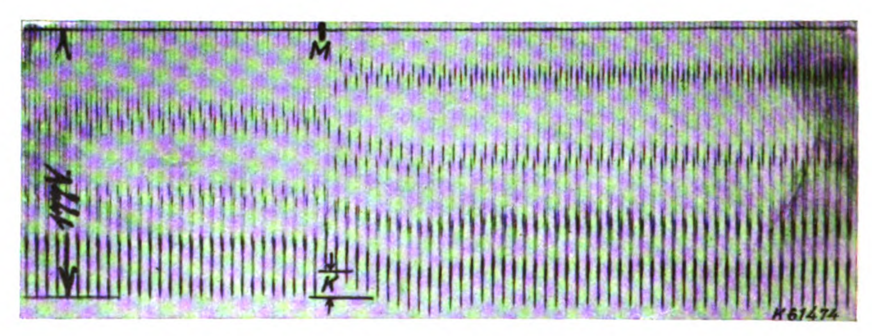


Eg Steuergleichspannung
S Zündspannungsübertrager
Th Steuerthyratron
Ug Steuerwechselspannung
W Eingangswiderstand

Abb. 3. Grundsätzliche Schaltung des Gittersteuergerätes.

Die Anwendungsbeispiele einer Drehzahlregelung und einer Spannungsregelung zeigen besonders deutlich die Regelgenauigkeit und -geschwindigkeit der Steuerapparatur: Eine für die Drehzahlregelung eines 9000/12 000 kW-Gleichstromantriebes bemessene Steuerung wurde unter betriebsmäßigen Bedingungen mit Hilfe eines hochempfindlichen Frequenzschreibers (Meßbereich $\pm$ 2‰) geprüft. Der Registrierstreifen zeigt, daß die Drehzahl nicht nur im stationären Zustand, wobei lediglich etwa 5%-ige Spannungsschwankungen auszuregeln waren, sondern auch bei plötzlichem Zu- und Abschalten von etwa 35%-igen Zusatzlastmomenten weitaus innerhalb der verlangten Genauigkeit von 1‰ bleibt. Zur Drehzahlmessung wurde eine permanenterregte Wechselstrom-Tachometermaschine vorgesehen.

Die hohe Regelgeschwindigkeit der Steuerung zeigt besonders auch ihre Anwendung als Spannungsregler für einen gleichrichtererregten Synchrongenerator. Noch bei nahezu rein induktiver Stoßbelastung von etwa 70% unterbindet der Regler jeden Abbau des Induktorfeldes und hat den allein auftretenden Streuspannungsabfall innerhalb wenig mehr als $^1/_{10}$ s voll ausgeregelt. Den Spannungsverlauf des Generators bei diesem Belastungsversuch zeigt das Oszillogramm Abb. 4. Die statische Regelgenauigkeit ist auf etwa $\pm$ 3‰ eingestellt. Für mitangeschlossene Verbraucher wird die Stoßbelastung kaum mehr merkbar. *eb.*



M Zeitpunkt des Zuschaltens der Last *K* Streuspannungsabfall

Abb. 4. Oszillogramm zum Belastungsversuch eines gleichrichtererregten Synchrongenerators.

[1]) Karl Maier, Trockengleichrichter; R. Oldenbourg, München u. Berlin 1938.

Digitized by Google

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.316.722 : 621.317.785.089.6

Kompensation des Spannungsabfalles in Meßleitungen. [Nach einer Mitteilung des Eidg. Amtes für Maß und Gewicht, Bern, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 61; 2 S., 2 Abb.]

Die Vollziehungsverordnung über die amtliche Prüfung von Elektrizitätsverbrauchsmessern vom 23. 6. 1933 schreibt vor, daß der Spannungsabfall in der Verbindungsleitung vom Spannungswandler zum Zähler nicht mehr als 1 Promille der sekundaren Nennspannung betragen darf. Bei einer Nennspannung von 100 V beträgt somit der höchst zulässige Spannungsabfall 0,1 V; der Widerstand der Zuleitung darf bei einem Verbrauch von 30 VA und cos $\beta = 1$ daher nicht größer als 0,33 Ω sein. Da bei neueren Kraftwerken, insbesondere bei Freiluftstationen, sich vielfach so lange Verbindungsleitungen ergeben, daß die Einhaltung dieser Vorschrift nur durch Verwendung sehr großer Querschnitte möglich ist (auch wenn für Zähler und Relais getrennte Kabel verwendet werden), wurde von seiten der Bernischen Kraftwerke die Frage aufgeworfen, ob nicht ein größerer Spannungsabfall zugelassen werden könne, wenn am Ende der Leitung durch einen fein abstufbaren Hilfswandler der Spannungsabfall kompensiert würde.

In einer Mitteilung des Eidgenössischen Amtes für Maß und Gewicht, Bern, wird gezeigt, daß im eichpflichtigen Verkehr der Spannungsabfall in den Meßleitungen zwischen Wandler und Instrumenten durch Hilfswandler und Kondensatoren so kompensiert werden kann, daß er unterhalb 1 Promille der von der erwähnten Vollziehungsverordnung festgesetzten Grenze liegt. Die in der Praxis vorliegenden Verhältnisse werden an Hand eines Beispieles erläutert. Die zuständigen Behörden sind mit der Verwendung von Hilfswandlern einverstanden, zu gegebener Zeit werden die Anforderungen an solche Geräte aufgestellt. *Ggr.*

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905), sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reich zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden:

System [200], die Formen EM6, EM6R, EM6K, EM6f, EM6L, EM6RL, EM6KL, EM6fL und EM6S, Induktionszähler für Drehstrom mit Nulleiter, hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 5. Dezember 1938.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Stark."

DK 621.317.2

Elektrische Prüfämter. – Der von der Badischen Landeselektrizitätsversorgung Aktiengesellschaft (Badenwerk) in Karlsruhe nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[2]), als Elektrisches Prüfamt 34 amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom bis 200 A 600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom bis 2000 A 20 000 V.

Der von der Firma Stepper & Co. in Hamburg nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[3]), als Elektrisches Prüfamt 60 amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom bis 200 A 600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom bis 100 A 600 V.

Der von dem Städtischen Elektrizitätswerk in Freiburg (Breisgau) nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[4]), als Elektrisches Prüfamt 61 amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom bis 150 A 600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom bis 1000 A 20 000 V.

Der von den Städtischen Betriebswerken in Görlitz nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[1]), als Elektrisches Prüfamt 62 amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom bis 150 A 500 V,
mit Wechsel- und Drehstrom bis 1000 A 10 000 V.

[1]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 894, Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.
[2]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 870.
[3]) Reichsministerialblatt 66 (1938) S. 870.
[4]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 138.

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1201.

Lichttechnik.

DK 621.327.3 + . 44 : 66/69

Industriebeleuchtung mit Metalldampflicht. [Nach U. Hartlieb, Siemens-Z. 19 (1939) S. 123; 3¼ S., 4 Abb.]

In den letzten fünf Jahren konnte durch Erprobung das Anwendungsgebiet der Metalldampflampen-Beleuchtung festgelegt werden. Metalldampflampen weisen gegenüber leistungsgleichen Glühlampen eine zwei bis vierfache Lichtausbeute und eine doppelte bis dreifache Brenndauer auf. Sowohl die Quecksilberdampflampe wie die Natriumdampflampe steigern durch die Einfarbigkeit des Lichtes die Sehschärfe, wobei diese Steigerung bei dem blaugrünen Quecksilberdampflicht am größten ist, dann folgt das gelbe Natriumdampflicht[2]). Trotz dieser Eigenschaften konnte sich das reine Metalldampflicht als Industriebeleuchtung nicht durchsetzen, weil seine Einfarbigkeit, insbesonders die Verfärbung des Aussehens der Menschen störte. Sie findet daher nur dort Anwendung, wo für einen besonderen Fabrikationsgang diese oder jene spezifische Eigenschaft des Metalldampflichtes sich als günstig erweist. Die weitere Entwicklung hing also von der Beseitigung der störenden Lichtfarbe ab und führte durch Zusetzen einer Glühlampe zur Quecksilberdampflampe und damit der Mischung des Rotüberschusses der Glühlampe mit dem blaugrünen Licht der Quecksilberdampflampe zum Quecksilberdampfmischlicht. Das Quecksilberdampfmischlicht hat sich innerhalb des anfangs erwähnten Zeitraumes ein weites Anwendungsgebiet in der Industrie erschlossen, weil in dieser Beleuchtungsart erstmalig eine Lichtquelle zur Verfügung steht, die wirtschaftlich eine tageslichtähnliche Beleuchtung liefert.

In den industriellen Erzeugungsstätten des Maschinenbaues, der Metallwaren-, Eisen- und Blechindustrie, im Bergbau, in der Industrie der Verarbeitung von Steinen und Erden, der Holzindustrie und Textilindustrie ist die Eigenfarbe des Werkstoffes grau und graublau bis zum Weiß der Textilfaser. Der Rotgehalt des Glühlampenlichtes erscheint hier ungeeignet, günstige und dem Tageslicht ähnliche Sehbedingungen zu schaffen, da er sich dem blauweißen Farbton des Werkstoffs überlagert. Durch Blauglasglühlampen und Blauglasfilter wurde daher in der Industrie immer wieder der Versuch gemacht, die Lichtfarbe zu beeinflussen. Die Unwirtschaftlichkeit solcher Einrichtungen hat ihre weitere Verbreitung in den engsten Grenzen gehalten. Bei Quecksilberdampf-Mischlichtbeleuchtung findet die gewünschte Anpassung der Lichtfarbe an den Werkstoff statt. Ferner vermeidet Mischlichtbeleuchtung schädliches und störendes Zwielicht.

Die günstigste Lichtfarbe des Mischlichtes ergibt sich bei einem Mischungsverhältnis zwischen dem Lichtstrom der Quecksilberdampflampe und Glühlampe von rd. 1 : 1.

Die durch Lichtausbeute, Lebensdauer und Anschaffungskosten bestimmte Wirtschaftlichkeitsgrenze, von der ab Metalldampfbeleuchtung günstiger liegt als Glühlampenbeleuchtung, ist bei der Natriumdampflampe ein Strompreis von 2 bis 3,8 Rpf, der Quecksilberdampflampe 3 bis 5 Rpf, und dem Mischlicht 6 bis 8 Rpf. Es hat sich jedoch gezeigt, daß selbst bei wesentlich höheren Strompreisen die lichttechnischen Vorzüge der Metalldampfbeleuchtung, insbesondere der Mischlichtbeleuchtung ausschlaggebend waren.

Mit den beschriebenen neuzeitlichen Lichtquellen — insbesondere dem Mischlicht — konnten wichtige Bedürfnisse der Industrie erfüllt werden, die bisher ohne diese Beleuchtungsart nicht zu erreichen waren. *eb.*

[2]) W. Arndt, Licht 3 (1933) S. 213 u. 4 (1934) S. 64. M. Luckiesh u. E. Moss, J. Franklin Inst. 4 (1933) S. 401. H. Schober u. K. Wittmann, Licht 9 (1938) S. 199.

Digitized by Google

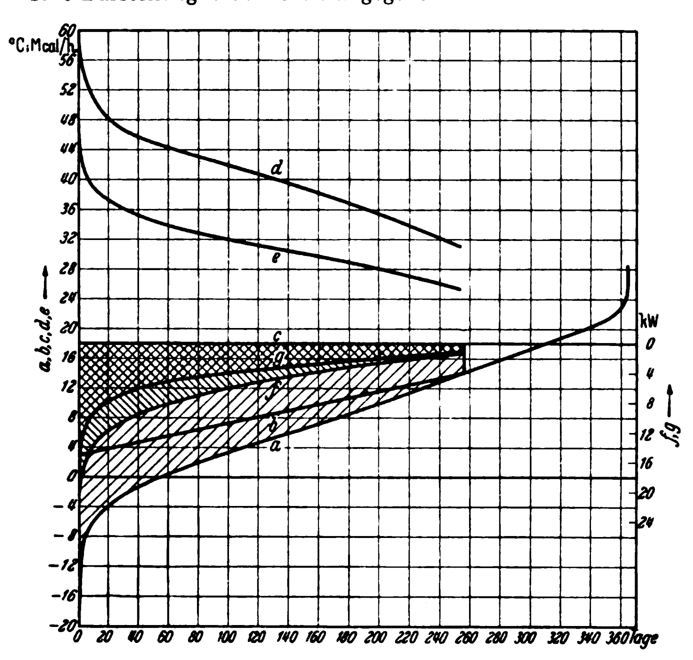
Elektrowärme.

DK 621.34 : 621.181.63

Wärmepumpenanlagen für die Raumheizung. [Nach M. Egli, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 42; 4 S., 4 Abb.; Disk. 2 S., 2 Abb.]

Die Anwendung der Wärmepumpe[1]) für die Raumheizung ist in erster Linie eine wirtschaftliche Frage. Berücksichtigt man, daß der kWh-Preis bei dem Wärmepumpenbetrieb für die Raumheizung im Vergleich mit Kohle von 7000 kcal/kg wirtschaftlich gesehen nur $^2/_3$ bis $^1/_3$ des Kohlepreises ausmachen darf und weiter, daß die Anlagekosten mit Wärmepumpe nach vorsichtiger Schätzung heute noch etwa das Doppelte einer selbsttätigen Ölfeuerung ausmachen, so ist zu erkennen, daß auf diesem Gebiete noch sehr viel Entwicklungsarbeit zu leisten ist. Es ist deshalb sehr zu begrüßen, daß verschiedene Wärmepumpenanlagen für Raumheizung im praktischen Betrieb eingerichtet wurden, so daß in einigen Jahren ausreichende Betriebszahlen und Erfahrungen zur Verfügung stehen.

Für die Berechnung der Wärmepumpenanlage, soweit es sich um Raumheizungsanlagen handelt, bei welchen der Wärmespender Fluß- oder Grundwasser und der Wärmeübertrager, also die Kühlflüssigkeit, Ammoniaklösung oder „Freon" (eine ölhaltige Flüssigkeit) ist, wird von dem Verfasser die schematische Darstellung nach Abb. 5 angegeben.



a Häufigkeitskurve der Außentemperatur
b Häufigkeitskurve der Flußwassertemperatur
c Heiztemperaturgerade
d Vorlauftemperaturkurve für wärmepumpenbetriebene Radiatorheizung
e Vorlauftemperaturkurve für wärmepumpenbetriebene Deckenstrahlungsheizung
f Antriebsleistungskurve für wärmepumpenbetriebene Radiatorheizung
g Antriebsleistungskurve für wärmepumpenbetriebene Deckenstrahlungsheizung

Abb. 5. Diagramm für die Leistungsbestimmung.

Der Abstand zwischen der Geraden der Innentemperatur *c* und der Kurve der Außentemperatur *a* kann hierbei als Maßstab für die Änderung der (mittleren täglichen) Heizarbeit über die Tagzahl betrachtet werden, da die für die Heizung aufgewendete Wärmemenge je Tag dem Unterschied zwischen Innen- und Außentemperatur verhältnisgleich angenommen ist. Die Verwendung dieser vereinfachten Beziehung ist praktisch ausreichend genau. Die Kurve *b* gibt den Verlauf der Temperatur des Wärmespenders in Abhängigkeit der verschiedenen Tage an, die elektrische Antriebsarbeit je Tag (Kurve *f*) erhält man aus dem Leistungsdiagramm, Abb. 6. Nach Ermittelung des mittleren Wärmeverbrauches des Gebäudes je Stunde für die niedrigste Außentemperatur ergibt sich die Wärmeausbeute je Heizzeit aus dem Verhältnis des Inhaltes der Fläche zwischen der Innentemperaturgeraden und der Außentemperaturkurve und desjenigen der Fläche zwischen der Innentemperaturgeraden und der Kurve der Antriebsleistung.

[1]) ETZ 59 (1938) S. 1274.

Für eine als Beispiel angegebene Radiatorenheizung (in Zürich) mit einer Vorlauftemperatur von 60° C, für eine niedrigste Außentemperatur von — 20° C und für einen geradlinigen Wärmespendertemperaturverlauf von + 3° bis + 14° liegt die Wärmeausbeute für 250 Heiztage bei ungefähr 2000 kcal/kWh.

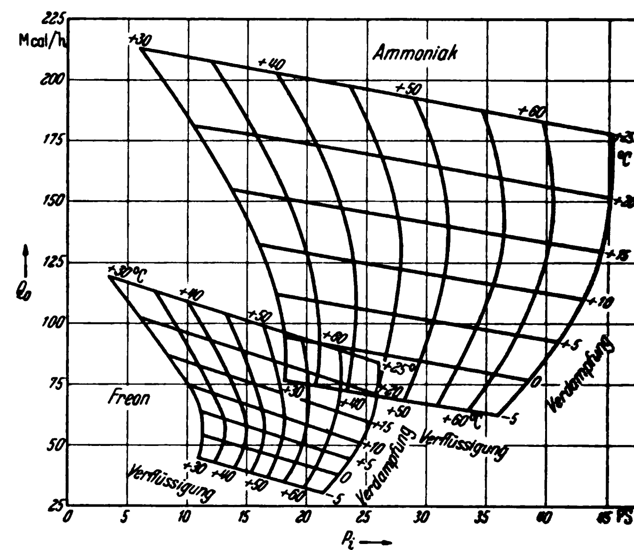


Abb. 6. Diagramm der indizierten Leistung je 100 m³/h effekt. Saugvolumen für Freon und Ammoniak.

In Gegenüberstellung mit der koks- oder ölgeheizten Feuerung unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades dieser Feuerungen ergibt sich für den Vergleich des Beispiels mit einer Koksfeuerung eine Wärmeausbeute von 2000 : 0,6 = 3350 kcal/kWh und für den Vergleich mit einer Ölfeuerung 2000 : 0,7 = 2850 kcal/kWh.

Die Wärmeausbeute der Wärmepumpe steigt, wenn der Temperaturunterschied zwischen Wärmespender und Zentralheizungswasser sinkt. Liegt für eine übliche brennstoffgeheizte Radiatorenheizung die höchste Zentralheizungs-Wasservorlauftemperatur bei 90° C und läßt sich diese durch Anpassung an den Wärmepumpenbetrieb auf 60° C verringern, so besteht bei einer Strahlungs-(Decken-)Heizung durchaus keine Schwierigkeit einer weiteren Minderung auf 50° C. Dadurch und infolge weiterer Eigentümlichkeiten der Strahlungsheizung steigt die Wärmeausbeute der Wärmepumpe gegenüber 2000 kcal/kWh für eine Radiatorenheizung auf nahezu 3000 kcal/kWh. Das Verhältnis des Energieaufwandes geht aus den beiden in Abb. 5 angelegten Flächen hervor.

Eine Versuchsanlage, die die Außenluft als Wärmespender und Wärmeträger benutzt und wobei durch ein besonderes Verfahren ein relativ hoher Wirkungsgrad erzielt werden konnte, hat zufriedenstellende Ergebnisse gezeitigt. Hierbei wurde mit der aufgewendeten elektrischen Arbeit eine nutzbare Wärmemenge von 2,3 mal dem Wärmeäquivalent einer kWh erzeugt. *Opz.*

Verkehrstechnik.

DK 656.2 +. 4.003.1(73)

Verkehrsentwicklung in den V. S. Amerika im Jahre 1938. [Nach Transit J. 83 (1939) S. 2; 12 S., 12 Abb.]

Bei den städtischen Verkehrsmitteln ist im Jahre 1938 ein Rückgang der Einnahmen und der beförderten Fahrgäste von 4½% gegenüber 1937 zu verzeichnen, bei den großen Bahngesellschaften und den Unternehmungen des zwischenstädtischen Verkehrs betrug diese Abnahme etwa 10%. Gegenüber dem Spitzenjahr 1927 beträgt der Rückgang der beförderten Personen sogar 20%, während die Beschäftigungsziffer der Industrie um 18% gegenüber 1927 sank. Durch die Einführung bezahlten Urlaubs und Erhöhung der Stundenlöhne waren die Lohnausgaben der städtischen Verkehrsmittel gleich hoch wie im Vorjahre. Da auch die Steuern erhöht wurden, ergab sich eine erhebliche Abnahme der Reingewinne. Von den Verkehrsmitteln, zu denen die Straßenbahnen, die Oberleitungs- und Motoromnibusse, die Schnellbahnen und ein Teil der elektrisierten Vorortstrecken zählen, wurden im ganzen 12,7 Mrd Fahrgäste im Jahre 1938 befördert. Die Abnahme gegenüber 1937 war bei den Oberleitungsomnibussen am kleinsten, bei den

Digitized by Google

Straßenbahnen am größten, weil in einer großen Zahl von Städten die Straßenbahnen durch Omnibuslinien ersetzt wurden. Von den beförderten Personen entfielen 51,5% auf die Straßenbahnen, 27% auf die Motoromnibusse, 18% auf die Schnellbahnen, 2,5% auf die Oberleitungsomnibusse und 1% auf elektrisierte Vorortstrecken. In den Großstädten überwiegt der Straßenbahn- und Schnellbahnverkehr bei weitem und übernimmt bis zu 80% des Gesamtverkehrs, während in kleinen Städten der Hauptanteil wieder auf den Motoromnibus entfällt. Die Hälfte der Gesamteinnahmen der Bahngesellschaften wird als Lohn ausgezahlt, 10% müssen als Steuern abgeführt werden. Trotz Erhöhung der Löhne und Steuern blieben die Fahrpreise die gleichen wie im Vorjahre. Die Ausgaben für neue Fahrzeuge waren geringer als 1937, dagegen zeigten die Ausgaben für Bahnanlagen und Umformerwerke eine Zunahme durch die Untergrundbahn-Erweiterungen in New York und Philadelphia und die Neuerrichtung einiger Oberleitungsomnibuslinien. Einer Abnahme von 2260 km Straßenbahnlinien stand eine Zunahme von 3540 km Omnibus- und Obuslinien gegenüber. Auch hier ist die Änderung verschieden je nach der Größe der Städte, die Abnahme der Straßenbahnlinien entfällt in der Hauptsache auf mittlere und kleinere Städte. Trotz leichter Vergrößerung der Gesamtstreckenlänge wurde die Zahl der Fahrzeuge verkleinert, es wurden 3200 Fahrzeuge neu beschafft, dagegen 5000 ausrangiert, darunter allein 3000 Straßenbahnwagen, die nicht wieder durch neue ersetzt wurden. Unter den 286 neu beschafften Straßenbahnwagen sind 233 PCC-Wagen, von denen nunmehr in elf amerikanischen und zwei kanadischen Städten insgesamt 900 Stück im Verkehr sind. 53 Schnellbahnwagen und 190 Oberleitungsomnibusse wurden ferner beschafft. Alle diese Zahlen bedeuten aber einen ganz erheblichen Rückgang gegenüber den Neubeschaffungen in den Jahren 1936 und 1937. Die Aufsätze enthalten sehr übersichtliche Zusammenstellungen und Kurven über die Entwicklung der Verkehrsmittel in den letzten Jahren.

Dtt.

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 621.9

Der elektrische Antrieb in der Metallindustrie. [Nach einem Vortrag[1]) von W. Chladek, gehalten am 13. 2. 1939].

(Sonderantriebe.)

Die ersten Werkzeugmaschinen-Sonderantriebe wurden bereits in der Frühzeit der Elektrotechnik ausgeführt[1]). Die damals geschaffenen Antriebe zeigten schon einen einwandfreien organischen Zusammenbau von Motor und Werkzeugmaschine.

Die grundsätzlichen Forderungen für einen wirtschaftlichen Antrieb in bezug auf Leistungsbedarf und Antriebsdrehzahl wurden dargestellt.

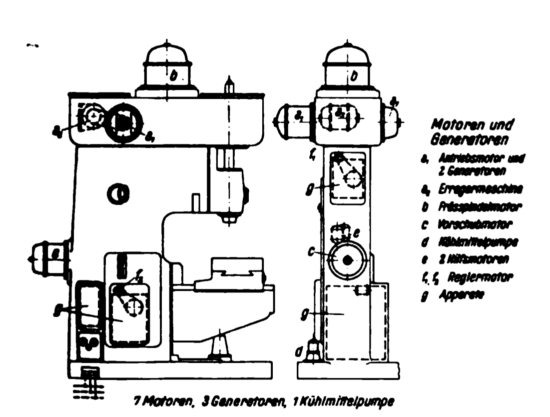


Abb. 7. Senkrecht-Fräsmaschine mit Leonard-Antrieb.

Die meisten heute in Gebrauch befindlichen Werkzeugmaschinen haben Leistungen von 1 bis 10 kW und werden mit Räderkästen ausgestattet, die von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufer mit oder ohne Polumschaltung angetrieben werden. Die Stufung der Drehzahlen bei Räderkästen für Werkzeugmaschinen in geometrischen Reihen wurde für eine näher beschriebene Einheitsdrehbank gezeigt. Wichtig für den Werkzeugmaschinenantrieb sind Sondermotoren, die gute Anlaufverhältnisse haben und häufig umgeschaltet werden können. Für kurzzeitige Arbeitsvorgänge sind nur solche Ausführungen wirtschaftlich. Die Polumschaltung selbst mit vom Revolverkopf selbsttätig einstellbarer Drehzahl ergibt infolge einfacherer Handhabung wesentlich höhere Ausbringungen bis zu 50%.

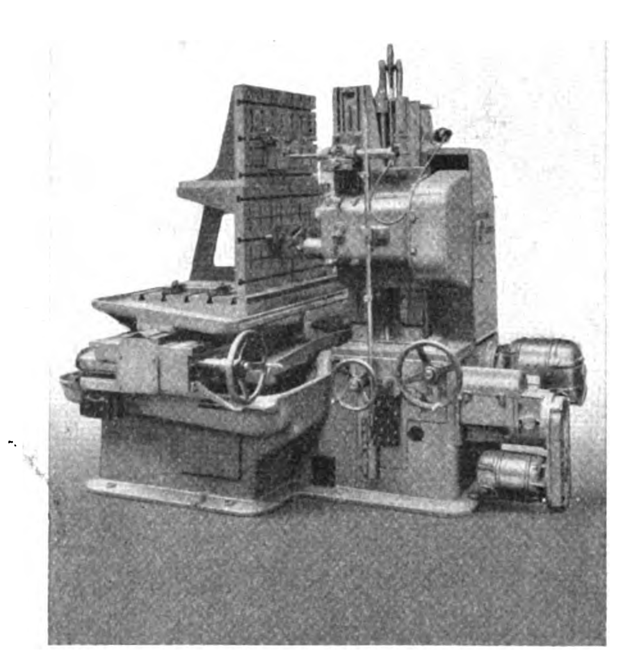


Abb. 8a. Kopiermaschine mit elektrischer Fühlersteuerung. Druckknopfschaltung.

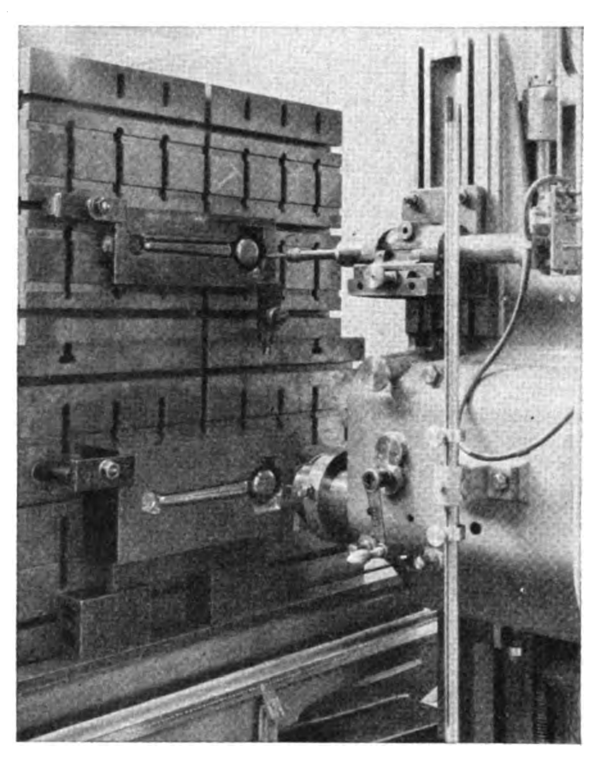


Abb. 8b. Modell mit Fühlhebel (oben) und Werkstück mit Fräser (unten) der Maschine nach Abb. 8a.

Der Gleichstromregelantrieb, insbesondere für Werkzeugmaschinen mit höherer Leistung, vereinfacht den Aufbau der Werkzeugmaschine im Räderkasten und erleichtert dadurch auch die Handhabung. Bei Regelantrieben werden meist Druckknopfsteuerungen vorgesehen. Die Durchbildung solcher Antriebe für größere Werkzeugmaschinen, eine Doppeldreh-

---

1) Aus einer Vortragsreihe „Der elektrische Antrieb in Industriebetrieben", veranstaltet vom VDI-Berlin zusammen mit dem Außeninstitut der T. H. Berlin unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. F. Oertel VDE.

Digitized by Google

bank mit 2×100 kW Antriebsleistung, wurde beschrieben. Von besonderer Bedeutung sind Antriebe mit Leonardsätzen. Ein bemerkenswertes Beispiel wurde mit einer Senkrecht-Fräsmaschine gebracht, für deren Antrieb 2 Leonardsätze vorgesehen sind, und zwar ein Leonardsatz für den Frässpindelantrieb mit einer Antriebsleistung von 7½ kW und einem Drehzahlbereich von 300/3000 U/min. Auch der Vorschub wird getrennt mittels Leonardsatz angetrieben, Leistung etwa 2 kW, Regelbereich 1:5. Alle elektrischen Teile sind, wie die Abb. 7 zeigt, in die Werkzeugmaschine eingebaut.

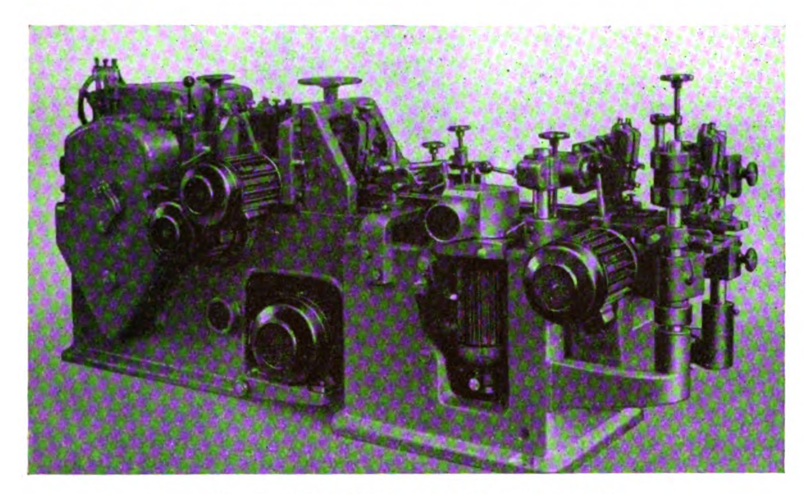


Abb. 9. Elektro-Hobelmaschine für Fußbodenbretter.

Besondere Bedeutung hat der elektrische Antrieb mit Leonardsatz für die Hobelmaschine gewonnen. Hobelmaschinen konnten auf wesentlich höhere Tischgeschwindigkeiten gebracht werden und wurden bereits für Rücklaufgeschwindigkeiten von etwa 80 m/min ausgeführt. Unter günstigen Umständen ist eine Mehrleistung um 100% im praktischen Betrieb festgestellt worden. Die kurze Umsteuerzeit (kleiner Auslaufweg) ermöglichte die Anwendung von Leonardsätzen bei kurzhubigen Stoßmaschinen.

Auch die in der letzten Zeit von der Werkzeugmaschinenindustrie herausgebrachten Kopierfräsmaschinen wurden dargestellt. Abb. 8 a, b zeigt eine Maschine, die für das Kopieren einer Pleuelstange eingerichtet ist.

Auch auf dem Gebiet der spanlosen Formung sind in bezug auf den Antrieb der Werkzeugmaschine in der letzten Zeit wesentliche Neuerungen festgestellt worden, und zwar insbesondere durch den schwungradlosen Antrieb bei Hämmern und Scheren. Der schwungradlose Scherenantrieb ergibt eine völlige Beherrschung des Schnittes und, da jeder Leergang vermieden werden kann, auch einen günstigen Energieverbrauch.

Aus dem Gebiet der Werkzeugmaschinen für Holzbearbeitung sind die Tischlereimaschinen besonders hervorgehoben worden. Diese ergeben, da unmittelbar angetrieben werden kann, also der Motor meist auf die Messerwelle gesetzt wird, außerordentlich günstige Antriebe. Auch bei der Holzbearbeitungsmaschine, z. B. der Elektro-Hobelmaschine für Fußbodenbretter (Abb. 9) ist eine weitgehende Aufteilung der Antriebsleistung auf die einzelnen Werkzeuge festzustellen. *Sb.*

DK 621.34–585.3 : 622.27

Neuzeitliche Steuerungen für Abraumfördergeräte. [Nach T. Jäger, Vortrag, gehalten am 24. 2. 1939 vor dem VDE-Bezirk Köln.]

Die Aufgaben, die den Abraumgeräten für den Braunkohlentagebau mit fortschreitender Entwicklung gestellt werden, gestalten sich immer schwieriger. Je nach den geologischen Verhältnissen erfolgt der Abbau des Abraumes in einem oder mehreren Schnitten. Diesen verschiedenen Betriebsbedingungen müssen die Abraumgeräte weitgehend angepaßt werden. Dementsprechend ergeben sich auch für die elektrischen Ausrüstungen neuartige Aufgaben, da der Elektrotechniker bei seinen Entwürfen bestrebt sein muß, die durch die mechanische Konstruktion gegebenen Verwendungsmöglichkeiten voll zur Wirkung zu bringen bzw. zu ergänzen.

Bei Löffelbaggern mit Einzelantrieb ist die große Schalthäufigkeit zu beachten, für die Motoren und Schaltgeräte bemessen werden müssen. Schalter mit Kontakten unter Öl sind wenig geeignet. Es empfiehlt sich die Verwendung von Luftschützen oder Steuerschaltern mit Nockenschaltwerken. Beim Radantrieb von Schaufelradbaggern wird im Getriebe die Zwischenschaltung einer drehmomentabhängigen Kupplung notwendig, um bei Festfressen des Schaufelrades mechanische Zerstörung zu verhüten. Wenn eine Rutschkupplung verwendet wird, so muß bei Ansprechen der Kupplung infolge Überlastung sofort der Hauptantriebsmotor stillgesztzt werden, um unzulässige Erwärmungen in der Kupplung selbst zu verhüten. Das Stillsetzen geschieht mit Hilfe einer kleinen vom Getriebe gesteuerten Gleichstromdynamo, die über ein Hilfsschütz auf das Hauptschütz des Schaufelradantriebes einwirkt. Für Eimerkettenantriebe sind in der letzten Zeit von verschiedenen Maschinenfabriken drehmomentabhängige Sonderkupplungen entwickelt worden, die nicht nur bei Überlastungen abschalten, sondern auch stoßdämpfend wirken und die somit die durch den Vieleckturas betriebsmäßig auftretenden Drehmomentschwankungen ausgleichen. Es wurde eine elektrische Einrichtung gefunden, die sich den nicht ganz einfachen mechanischen Betriebsbedingungen in allen Teilen gut anpaßt und schnelle Betriebsbereitschaft und große Sicherheit gewährleistet. Bei Fahr- und Schwenkwerken größerer Bagger bevorzugt man in vielen Fällen Leonardsteuerung, um weitgehende lastunabhängige Drehzahlregelung zu erreichen. Ein weiterer Grund für die Wahl der Leonardsteuerung liegt darin, daß durch einen kleinen zusätzlichen Hilfsmaschinensatz die Beschleunigung und Verzögerung unabhängig von der Bedienungsgeschwindigkeit in bestimmten fest einstellbaren Grenzen gehalten werden kann, wodurch Stöße und Überbeanspruchungen der mechanischen Teile mit Sicherheit vermieden werden. Die großen Gewichte der Eimerketten bzw. der Schaufelradausleger zwingen zu größter Aufmerksamkeit bei der Bemessung der zugehörigen Windenantriebe. Die Senkbewegung, die bei Verwendung von Drehstrommotoren einige Schwierigkeiten bereitete und außerdem einen großen Aufwand an Steuergeräten verlangte, läßt sich heute in einfacher Weise durch die aus dem Hebezeugbetrieb übernommene, vielfach bewährte untersynchrone Senkbremsschaltung mit Umkehrphase beherrschen.

Der Vortrag zeigte den Fortschritt, der in den letzten Jahren auf dem Gebiete der elektrischen Antriebe für Abraumgeräte zu verzeichnen ist. Diese Entwicklung hat sich zum Ziel gesetzt, die Steuerfähigkeit und damit auch die Betriebssicherheit der neuzeitlichen Groß-Abraumfördergeräte zu steigern, um auf diese Weise die Menschen von ihrer schweren körperlichen Arbeit zu befreien und höheren Aufgaben zuführen zu können. *eb.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.029.6 : 538.566

Experimentelle Untersuchungen über die Ausbreitung der Ultrakurzwellen. [Nach Ochmann und Plendl, Hochfrequenztechn. 52 (1938) S. 37; 7½ S., 34 Abb.]

Der Zweck der Arbeit ist die qualitative Erfassung des Ausbreitungsvorganges der Ultrakurzwellen, insbesondere über die optische Sicht hinaus.

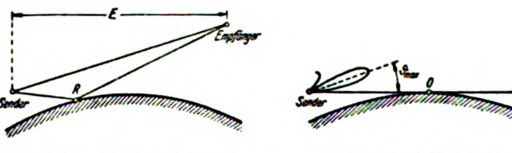


Abb. 10. Direkter und vom Erdboden reflektierter Strahl.

Abb. 11. Prinzipielles Vertikaldiagramm.

Zunächst werden Vertikaldiagramme von verschiedenen Sendeantennen untersucht, das heißt die Abhängigkeit der Empfangsfeldstärke von der Empfängerhöhe bei fester Entfernung vom Sender. Diese Diagramme entstehen durch Superposition des vom Sender abgestrahlten direkten und des am Erdboden reflektierten Strahles unter Berücksichtigung des Gangunterschiedes (Abb. 10). Am Horizont, wo der Gangunterschied Null ist, ergibt dieses Diagramm den Wert Null, da

Digitized by Google

der Reflexionsfaktor den Wert 1 hat und der Reflexionsphasensprung 180° beträgt. Mit wachsendem Erhebungswinkel nimmt die Feldstärke zu bis zu einer Stelle, wo der Gangunterschied $\lambda/2$ beträgt; dort ergibt sich ein Maximum, beim Gangunterschied λ eine weitere Nullstelle usw. (Abb. 11). Solche Diagramme wurden in großer Anzahl gemessen (Abb. 12). Da erfahrungsgemäß die Strahlung in den Schattenraum hineinreicht, wurde der Verlauf der Nullstellen und des Maximums abhängig von der Entfernung studiert, ferner wurden reine Reichweitenflüge unternommen; dieses Ergebnis zeigt Abb. 13[1]).

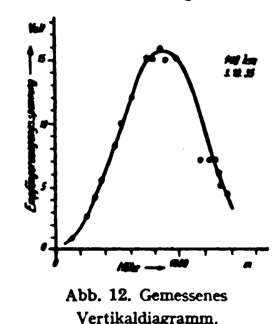


Abb. 12. Gemessenes Vertikaldiagramm.

Der Einfluß der Jahres- und Tageszeit zeigte sich darin, daß 1. die Sommerreichweiten im allgemeinen größer sind als die

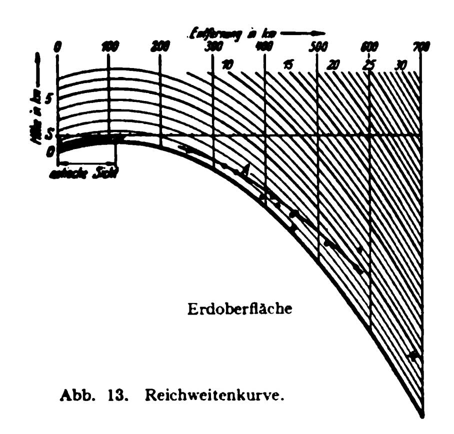


Abb. 13. Reichweitenkurve.

Winterreichweiten und 2. im Sommer in den frühen Morgenstunden vor Sonnenaufgang die größten Reichweiten zu beobachten waren. *G. E.*

[1]) In der Abb. 13 wurde die Erdoberfläche derart dargestellt, daß die Tangente: Sender—Erde geradlinig horizontal gezeichnet wurde. Längs derselben wurden die Entfernungen aufgetragen, senkrecht dazu die Höhen in stark erhöhtem Maßstab.

DK 621.315.213 : 621.396.97

Das deutsche Rundfunkleitungsnetz. [Nach einem Vortrag von H. Ribbeck, gehalten am 16. 2. 1939 in der Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser, Gauwaltung Wien].

Während im Fernsprechdienst bereits die Verständlichkeit der Sprache im allgemeinen für ausreichend erachtet wird, soll im Rundfunk die Wiedergabe der Darbietungen möglichst vollkommen naturgetreu sein. Es werden daher an die Übertragungsgüte der Rundfunksendungen besonders hohe Anforderungen gestellt. So muß z. B. der Tonbereich bei Rundfunkübertragungen mehr als acht Oktaven umfassen gegenüber vier Oktaven bei Fernsprechübertragungen. Auch in bezug auf den Lautstärkebereich, auf Verzerrungen jeglicher Art (lineare und nicht lineare Dämpfungsverzerrungen, Klirrverzerrung, Flatterverzerrung und Phasenverzerrung) usw. werden entsprechend hohe Ansprüche gestellt. Nachdem im Laufe der Entwicklung frühzeitig erkannt worden war, daß der drahtlose Übertragungsweg wegen zu großer Störanfälligkeit ungeeignet ist, hat es sich die Deutsche Reichspost angelegen sein lassen, im Rahmen des Fernkabelnetzes innerhalb kurzer Zeit durch die Einrichtung besonderer Rundfunkübertragungsleitungen ein Rundfunksondernetz, das deutsche Rundfunkleitungsnetz, zu schaffen. Es hat die Aufgabe, Rundfunkübertragungen mit hoher Übertragungsgüte und Betriebssicherheit zwischen allen deutschen Rundfunksendern sowie im Wechselverkehr mit dem Ausland und bei Übertragungen zwischen ausländischen Sendern im Durchgangsverkehr durch Deutschland jederzeit sicherzustellen.

Das Rundfunkleitungsnetz besteht im wesentlichen aus den Rundfunkübertragungsleitungen, den Rundfunkverstärkern, den Rundfunkmeßeinrichtungen und den Rundfunküberwachungsgeräten. Als Rundfunkübertragungsleitungen werden innerhalb eines geschlossenen Ortes im allgemeinen besonders geschirmte 1,2 mm starke unbespulte Aderpaare in Rundfunksonderkabeln benutzt. Die Rundfunkfernleitungen zur Überbrückung größerer Entfernungen verlaufen als leicht bespulte Stamm- oder Viererleitungen in Fernkabeln oder Fernleitungskabeln und werden gegeneinander und gegen die übrigen für den Sprechverkehr bestimmten Leitungen besonders abgeschirmt. Zum Ausgleich der Leitungsdämpfung werden in Abständen von durchschnittlich 72,5 km Rundfunkleitungsverstärker eingesetzt, und zwar je nach dem Entwicklungsstand der Jahre 1929 und 1934 Rundfunkleitungsverstärker 29 oder 34. Soll an einem Ort die Übertragung auf mehrere weitergehende Leitungen verzweigt werden, so sind dafür besondere einstufige Zusatzverstärker vorgesehen, an deren Ausgang je eine der weitergehenden Leitungen angeschaltet wird. Die Rundfunkverstärker nebst Zubehör werden aufbaumäßig in Rundfunkverstärkergestellen zusammengefaßt und bei den Rundfunkverstärkerämtern untergebracht. Um den frequenzabhängigen Verstärkungsverlauf der Verstärker an den Frequenzverlauf der Leitungsdämpfung anzugleichen, werden zusätzliche Entzerrungsschaltungen verschiedener Art verwendet. Unter ihnen sind die Temperaturdämpfungsausgleicher besonders zu erwähnen, die zum Ausgleich der innerhalb eines Jahres durch die Temperaturschwankungen verursachten Dämpfungsverzerrungen dienen. Um den hochwertigen Übertragungszustand des deutschen Rundfunkleitungsnetzes zu erhalten, werden die einzelnen Leitungsabschnitte regelmäßig durchgemessen und überwacht. Zu diesem Zweck sind die Rundfunkverstärkerämter mit den erforderlichen Meß- und Überwachungseinrichtungen ausgerüstet. Von den Rundfunkmeßeinrichtungen sind die Meßgestelle mit Pegelschreiber besonders hervorzuheben, die den frequenzabhängigen Pegelverlauf der Übertragungsleitungen und Verstärker selbsttätig aufzuschreiben gestatten. Für die Überwachung der Rundfunkdarbietungen sind die Rundfunküberwachungsgestelle vorgesehen, die für eine optische Überwachung des Lautstärkebereiches mit Höchstwertzeigern und Mindestwertzeigern und gleichzeitig für eine akustische Überwachung der Übertragungsgüte mit Abhörverstärkern und Lautsprechern ausgerüstet sind.

Um die Leistungsfähigkeit des deutschen Rundfunkleitungsnetzes unter Beweis zu stellen, wurden zahlreiche Messungen und Untersuchungen an einer 1079 km langen Runfunkleitungsschleife zwischen Leipzig und Aachen durchgeführt, die 17 Verstärkerfelder umfaßte. Dabei zeigte sich, daß ein Unterschied in der Klanggüte zwischen Anfang und Ende der Leitungsschleife bei der Übertragung von Sprache und Musik nicht wahrzunehmen war. Das deutsche Rundfunkleitungsnetz ist demnach allen Ansprüchen, die an eine möglichst naturgetreue Übertragung gestellt werden, voll gewachsen. Bei der Übertragung von Reden des Führers und bei Großkundgebungen der Reichsregierung kommt dem deutschen Rundfunkleitungsnetz eine ganz besondere Bedeutung zu; bei den zahlreichen störungsfreien Übertragungen dieser Art in den letzten sechs Jahren, vor allem im Jahre des „Großdeutschen Reiches" hat das deutsche Rundfunkleitungsnetz seine Einsatzbereitschaft und Leistungsfähigkeit immer wieder in hervorragendem Maße vor aller Welt bewiesen. *eb.*

DK 621.385.1.017

Über die Gründe des Anwachsens der Leitwerte von neuzeitlichen Hochfrequenz-Verstärkerröhren. [Nach M. J. O. Strutt u. A. van der Ziel, Proc. Instn. Radio Engrs., N.Y. 26 (1938) S. 1011; 21½ S., 5 Abb., 3 Taf.]

Messungen an neuzeitlichen Hochfrequenz-Verstärkerröhren haben gezeigt, daß die Eingangs- und Ausgangsleitwerte mit wachsender Frequenz immer größeren Verlusten ausgesetzt sind. Diese Eingangs- und Ausgangsverluste sind bis 300 MHz gemessen worden. Dadurch sind diese Erscheinungen, welche man bisher nur annahm, festgelegt worden und es wurden nun die Ursachen hierfür untersucht. Dabei gehen Strutt und van der Ziel im Gegensatz zu der bestehenden Meinung davon aus, daß nicht Laufzeiteffekte zur Erklärung dieser Erscheinungen in Frage kommen, sondern vielmehr die Einflüsse der in den Röhren wirkenden Kapazitäten, der Gegeninduktivitäten und die Selbstinduktivitäten der Elektroden der Röhren und ihrer Ausführungen sowohl innerhalb als auch außerhalb der Röhren. Ausgehend von diesen Grundlagen haben Strutt und van der Ziel eine einfache und sehr klare elementare Theorie zunächst für eine Vierpolröhre aufgestellt. Dabei betrachteten sie nur die einzelnen Strom- und Spannungsbeziehungen im Rohr und verknüpften die Beziehungen mittels der Kirchhoffschen Gesetze. Hieraus konnten die einzelnen Werte für die Eingangs-, Ausgangsleitwerte, Rückkoppelungswiderstände und Steilheiten ermittelt werden. Daran anschließend wurde die Theorie für Pentoden, Hexoden und Oktoden hergeleitet, die ohne Schwierigkeiten aus der obigen folgt. Diese theoretischen

Digitized by Google

Ergebnisse wurden an vielen Messungen geprüft und es ergab sich, daß bestimmt bei zwei Drittel der untersuchten Hochfrequenzverstärkerröhren die Dämpfungsverluste auf obige Einflüsse zurückzuführen und keinesfalls Laufzeiteffekte sind. Um dies noch zu bestärken, sind Messungen der Laufzeiten der Elektronen durchgeführt worden, welche zeigten, daß die Effekte zwischen Steuergitter und Schirmgitter gegenüber denen zwischen Kathode und Steuergitter vollkommen zu vernachlässigen sind. Zum Abschluß der Arbeit wird nochmals darauf hingewiesen, daß die für die wirksamen Induktivitäten hergeleiteten Gleichungen den Tatsachen genau entsprechen und durch Meßergebnisse bestätigt wurden. Durch diese Arbeit ist eingehend auf physikalischer Grundlage eine Erklärung der wohlbekannten, aber bisher noch unklaren Erscheinungen in den Hochfrequenzpentoden gegeben. *Hsr.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.318.7

Die Berechnung von Wellenfiltern. [Nach H. Piloty, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 37; 27 S., 22 Abb., 10 Taf.]

Wellenfilter wurden bisher oft mit Hilfe der Rechenverfahren entworfen, die aus der Theorie der Kettenleiter und Vierpole entlehnt sind. Hier wird immer die Voraussetzung gemacht, daß die Bauelemente sich hinreichend genau in ihren Werten ermitteln lassen, auch wenn die in ihnen auftretenden Verluste zu vernachlässigen sind. Dabei geht man auch von ganz bestimmten Schaltungen aus, zu denen die T-Schaltung, π-Schaltung und die Kreuzschaltung gehören, welche die allgemeinste Vierpolschaltung darstellt. Im Gegensatz dazu geht man bei neueren Verfahren zur Bestimmung von Filtern nicht von einer bestimmten Schaltung aus, sondern trachtet zuerst danach, festzustellen, ob die geforderten Eigenschaften für das gesuchte Filter sich durch eine günstige Schaltung verwirklichen lassen. Auf diese Weise findet man häufig mehrere gleichwertige Schaltungen, aus denen man die wirtschaftlichste auswählen kann. Die mathematischen Unterlagen für diese Berechnung stammen aus der Funktionentheorie. Von den verschiedenen Verfahren ist das von Cauer am bekanntesten. Nach ihm werden die Filtereigenschaften und seine zweckmäßige Gestaltung durch Festlegung der Wellenwiderstände und Übertragungsmaße angegeben. Die Cauerschen Rechnungen, die sich ausschließlich auf kanonische Schaltungen[1]) beschränken, sind für den praktischen Rechner sehr unbequem, daher hat Piloty einfacher zu handhabende Verfahren entwickelt. Er geht nicht nur von den kanonischen Schaltungen aus, mit denen man Sperrdämpfungen über 6 Neper schwer herstellen kann, sondern von ganz allgemeinen Filtern, wobei auch die antimetrischen miteinbegriffen sind. (Antimetrische Filter sind solche, deren Wellenwiderstände zueinander reziprok sind.) In der neuen Theorie sind auch die Verluste, welche in den Spulen und Kondensatoren stecken, zu vernachlässigen, da die durch sie entstehenden Verzerrungen leicht mit Hilfe geeigneter Endnetzwerke behoben werden können. Ausgehend von bekannten Eigenschaften der Wellenwiderstände und Dämpfungsfunktionen gibt Piloty Berechnungsvorschriften zur Konstruktion symmetrischer und antimetrischer Filter; auch für die numerische Auswertung der entstehenden Funktionen sind die Hilfsmittel ausführlich erklärt. Bei der Herleitung der Eigenschaftskonstruktionen ist besonders auf die Herstellung gewünschter Frequenzgänge des Wellenwiderstandes und der Dämpfung geachtet worden. Es wird dabei gezeigt, wie mittels einfacher Frequenztransformationen gegebene Eigenschaften verändert werden können. Die Rechenregeln dafür sind so gewählt, daß sie mit Hilfe der Tafeln für hyperbolische Funktionen ausgeführt werden können. Zum Schluß der Arbeit sind an Hand der aufgestellten Tafeln verschiedene Beispiele erläutert. *Hsr.*

Verschiedenes.

DK 621.3 : 622(06)

Verein zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen Essen. Jahresbericht 1937/38[2]).

Der Gesamtanschlußwert der im Berichtsjahr überwachten elektrischen Anlagen betrug 3 351 411 kW (+ 243 136 kW). (Zahlen in Klammern beziehen sich auf 1936/37.) Hiervon entfielen auf die Stromerzeugung 809 902 kW (+ 52 531 kW), auf die Stromumformung 1 408 232 kW (+ 106 780 kW), auf den Stromverbrauch 1 133 277 kW (+ 83 825 kW). In diesen Ziffern sind die Stromumformung unter Tage mit 97 298 kW (84 577 kW) und der Stromverbrauch unter Tage mit 365 391 kW (350 829 W) enthalten. An Maschinen unter Tage seien erwähnt 1161 Fahrdrahtlokomotiven mit 33 537 kW, 208 Ketten- und Seilbahnen mit 3540 kW, 312 Bandantriebe mit 5701 kW, 189 Förderhaspel mit 17 114 kW, 769 Wasserhaltungen mit 290 784 kW, 29 Kompressoren mit 2732 kW usw. Die Gesamtlänge der mit Fahrdraht-Streckenförderung überwachten Strecken betrug rd. 692 km (667 km). Die Güte der Schienenstoß-Schweißverbindungen ist bei einer Zunahme um 16% der gemessenen Stöße gegenüber dem vorjährigen Ergebnis um 0,2% zurückgegangen. Die Neuanlagen und Erweiterungen elektrischer Anlagen erforderten die Vorprüfung von 768 Genehmigungsanträgen. Die Zunahme der Zahl der Anträge gegenüber dem Vorjahr beträgt 26%. Unter 14 elektrischen Unfällen sind sechs auf eigenes Verschulden, vier auf schadhafte Anlage zurückzuführen. Die bisher in den Arbeiten VDE 0100, 0101, 0140 und 0800 enthaltenen Bestimmungen für elektrische Anlagen in Bergwerken unter Tage wurden zusammengefaßt und in besonderen Vorschriften für B. u. T.-Anlagen herausgegeben. Die Vorschriften VDE 0118/1937 müssen auch bei vorhandenen Anlagen durchgeführt werden[1]). Nach dem 1. 1. 1938 durften Geräte, die den VDE 0118 nicht entsprechen, nicht mehr neu angeschafft werden. Es wird endgültig festgelegt werden, welche Geräte bzw. Typen, die nicht den Vorschriften VDE 0170 entsprechen, aus dem Grubenbetrieb zu entfernen sind und welche verbleiben dürfen. Die Fördermaschinensperrung ist für Neuanlagen verschärft worden. In den Elektriker-Lehrgängen wurden 1863 Elektriker und Elektro-Aufsichtspersonen in 48 Vorträgen geschult. Zur Frage Erdung oder Nullung kann, solange noch keine Sicherungseinrichtung vorhanden ist, die bei einem Fehler in dem Nullleiter die schadhafte Anlage selbsttätig außer Betrieb setzt, die Nullung für Bergwerke unter Tage nicht empfohlen werden. Gegen Transformatorenbrand sei es außer verschiedenen Betriebsmaßnahmen wichtig, der Ausrüstung der Transformatoren mit Buchholzschutz, Wärmewächter und der Schaltanlage mit kurzschlußfesten Sekundärwandlern mehr Beachtung als bisher zu schenken. Die sich bewährende Preßluft-Akku-Verbundlampe für Beleuchtung unter Tage hat eine Doppelfaden- Glühlampe für Betrieb mit Akku (2,6 V, 1,5 W) oder mit Preßluft-Turbogenerator (6 V, 15 W) erhalten. Eine weitere Lichtverbesserung um mehrere Prozent bringt die neueste Osram-Glühlampe mit Krypton-Gasfüllung, die den Wärmeverlust verringert. Um beim Bruch von Preßluftlampen die Möglichkeit von Schlagwetterzündungen auszuschließen, ist vom Oberbergamt in sonderbewetterten Grubenräumen der Betrieb nur solcher zugelassen, in denen die Glühlampe mit einer Luftbrause umgeben ist. Als erstrebenswert für die Lichtleistung von Mannschaftslampen wurden 20 lm für die frischgeladene Lampe, 10 lm nach 8 Brennstunden festgelegt. Diese Lampen werden mit 1,75 A-Birnen bestückt.

Pge.

[1]) Unter kanonischen Schaltungen versteht man solche, die mit der geringsten Zahl Schaltelemente auskommen, wobei aber verlangt wird, daß alle geforderten Filtereigenschaften erfullt sind.

[2]) Bericht 1936/37: ETZ 59 (1938) S. 346.

[1]) ETZ 58 (1937) S. 1355.

AUS LETZTER ZEIT.

DK 621.335.3 : 622.271.4

Die schwerste Abraumlokomotive der Welt. — Die Siemens-Schuckertwerke lieferten kürzlich eine sechsachsige, 19 m lange Abraumlokomotive, die bei 2400 kW eingebauter Leistung die größte für Industriezwecke bisher ausgeführte Lokomotive der Welt ist. Sie wird bei einer Fahrdrahtspannung von 1200 V von 6 Gleichstrommotoren in Tatzlagerausführung von je 400 kW angetrieben. Diese verleihen der Lokomotive eine höchste Anfahrzugkraft je nach der Gleislage von 45000 bis 50000 kg und eine Geschwindigkeit von 60 km/h. Um der nicht immer guten Gleisanlage und den zahlreichen Krümmungen Rechnung zu tragen, besteht die Lokomotive aus drei einzelnen, je zweiachsigen 50 t schweren Teilen, die mit Dreieckskupplungen untereinander verbunden sind. Interessant ist die Fernsteuereinrichtung, die nach dem Leonardprinzip arbeitet. Die Fahrmotoren werden in diesem Falle fremderregt, während die in Reihe geschalteten Anker eine vom Baggerführer regelbare Spannung zugeführt bekommen. Der Baggerführer ist somit in der Lage, den Zug von seinem Platz aus langsam entsprechend der Förderleistung des Baggers in Bewegung zu setzen. *Hs.*

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Brasiliens Elektrizitätswirtschaft.

DK 621.311.003.1(81)

Brasiliens Elektrizitätswirtschaft hat in der Nachkriegszeit einen starken Ausbau erfahren. Zufolge den Veröffentlichungen der „Directoria de Estatistica Economica e Financeira" ist die in den Kraftwerken installierte Leistung von 354 836 kW (1920) auf 694 872 kW (1930) und 834 006 kW (1937) gestiegen, hat also in diesem Zeitraum eine Zunahme von 135 % erfahren. Im einzelnen stieg die in den Wasserkraftwerken installierte Leistung von 276 075 kW auf 567 467 bzw. 693 601 kW, d. h. um 151,2 %, während die Leistungsfähigkeit der Steinkohlenkraftwerke nur von 78 761 kW auf 127 405 bzw. 140 405 kW oder um 78,3 % zunahm. Infolgedessen ging der Anteil der Steinkohlenkraftwerke an der gesamten installierten Leistung von 22,7 % (1920) auf 16,8 % (1937) zurück, während der Anteil der Wasserkraftwerke im gleichen Zeitraum von 77,3 % auf 83,2 % stieg.

Zahlentafel 1. Die verfügbaren Wasserkräfte in Brasilien.

Staat	PS								
	insgesamt	Flußbecken							
		Amazonas	Nordosten	SanFrancisco	Osten	Paraguay	Parana	Uruguay	Südosten
Amazonas	660 000	660 000	—	—	—	—	—	—	—
Para	1 874 600	1 838 800	35 800	—	—	—	—	—	—
Maranhao	45 700	19 000	26 700	—	—	—	—	—	—
Piauhy	11 500	—	11 500	—	—	—	—	—	—
Ceara	150	—	150	—	—	—	—	—	—
Parahyba	1 200	—	1 200	—	—	—	—	—	—
Pernambuco	46 000	—	11 000	35 000	—	—	—	—	—
Alagoas	235 000	—	—	235 000	—	—	—	—	—
Sergipe	500	—	—	—	500	—	—	—	—
Bahia	1 223 200	—	—	1 049 600	173 000	—	—	—	—
Epirito Santo	99 300	—	—	—	99 300	—	—	—	—
Rio de Janeiro	543 100	—	—	—	543 100	—	—	—	—
Bundesdistrikt	400	—	—	—	400	—	—	—	—
São Paulo	2 601 600	—	—	—	238 400	—	1 936 800	—	426 400
Parana	2 592 500	—	—	—	—	—	2 503 200	—	89 300
Santa Catarina	196 600	—	—	—	—	—	—	82 900	113 700
Rio Grande do Sul	245 300	—	—	—	—	—	—	116 000	129 300
Minas Gerais	5 827 600	—	—	253 700	1 637 900	—	3 936 000	—	—
Goyaz	1 110 200	765 300	—	—	—	—	344 900	—	—
Matto Grosso	2 202 300	1 112 800	—	—	—	89 500	1 000 000	—	—
insgesamt	19 516 750	4 395 900	86 500	1 573 300	2 693 200	89 500	9 720 900	198 900	758 700

Von der in Brasilien verfügbaren Wasserkraft (vgl. Zahlentafel 1) sind bisher nur 5 % ausgenutzt. Für die einzelnen Landesteile ergeben sich dabei natürlich große Unterschiede. Da sich die wirtschaftliche und verkehrstechnische Erschließung des Landes auf einen verhältnismäßig schmalen Küstenstreifen beschränkt, der sich von Pernambuco im Norden bis Rio Grande do Sul im Süden erstreckt und seine stärkste Verdichtung in den Industriegebieten von Rio de Janeiro und São Paulo erfährt, liegt der Anteil der verwerteten Energie an der insgesamt zur Verfügung stehenden Wasserkraft in Rio de Janeiro und São Paulo mit 43,6 bzw. 18,9 % erheblich über dem Landesdurchschnitt. Anderseits sind die Wasserkräfte des Innern, also des Amazonas — teilweise auch des Paranabeckens —, nur zu einem verschwindenden Bruchteil ausgenutzt. Welche Zukunftsmöglichkeiten hier bestehen, geht allein aus der Tatsache hervor, daß auf das Amazonas- und Paranabecken 22,5 bzw. 49,8 %, also mehr als zwei Drittel der in Brasilien verfügbaren Wasserkräfte, entfallen. Dem Erschließungsprogramm der Regierung Vargas, die sich die Auswertung der im Landesinneren, also vor allem in den Staaten Minas Gerais, Goyaz und Matto Grosso, vorhandenen wirtschaftlichen Kräfte zum Ziel gesetzt hat, kommt unter diesen Umständen auch vom energiewirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen besondere Bedeutung zu.

Zahlentafel 2 weist nach, daß von der insgesamt installierten elektrischen Leistung 1937 45,2 % auf São

Zahlentafel 2. Brasiliens Kraftwerke 1937.

Staat	Zahl der Unternehmungen	Zahl der Generatoren			installierte Leistung (kW)		
		insgesamt	davon		insgesamt	davon	
			Wasserkraft	Kohle		Wasserkraft	Kohle
Acre	8	8	—	8	264	—	264
Amazonas	12	12	—	12	2 745	—	2 746
Para	25	25	—	25	12 100	—	12 100
Maranhao	7	7	—	7	2 063	—	2 063
Piauhy	9	9	—	9	983	—	983
Ceara	37	37	4	33	5 952	102	5 850
Rio Grande del Norte	22	22	—	22	1 930	—	1 930
Parahyba	37	38	1	37	5 611	75	5 536
Pernambuco	95	98	6	92	22 934	1 214	21 720
Alagoas	31	34	4	30	4 432	1 984	2 448
Sergipe	22	23	—	23	2 068	—	2 068
Bahia	48	53	15	38	23 501	15 606	7 895
Espirito Santo	29	31	24	7	8 715	7 705	1 010
Rio de Janeiro	56	71	59	12	178 448	174 115	4 333
Bundesdistrikt	2	2	—	2	12 112	—	12 112
São Paulo	110	150	127	23	376 912	363 174	13 738
Parana	33	35	19	16	17 215	12 558	4 657
Santa Catarina	22	27	15	12	14 706	13 439	1 267
Rio Grande do Sul	128	143	46	97	40 298	6 520	33 778
Minas Gerais	256	317	301	16	97 425	94 478	2 947
Goyaz	23	26	24	2	1 773	1 594	179
Matto Grosso	10	11	3	8	1 819	1 037	782
Brasilien, insgesamt	1022	1179	648	531	834 006	693 601	140 405

Zahlentafel 3. Die Entwicklung des Stromverbrauchs in der Stadt Rio de Janeiro.

	Gesamtverbrauch (1000 kWh)	davon entfielen auf						
		privaten Verbrauch			öffentlichen Verbrauch			entsprechende Zahl der Kerzen (1000)
		insgesamt	davon		insgesamt	davon		
			Beleuchtung	Kraft		Beleuchtung	Kraft	
1929	324 402	186 042	53 512	132 530	138 360	33 430	104 930	5 754
1930	331 602	190 643	54 383	136 260	140 959	35 255	105 704	6 268
1931	320 854	182 296	48 181	134 115	138 558	33 140	105 418	6 539
1932	325 738	185 958	47 046	138 912	139 780	34 637	105 143	7 064
1933	342 097	196 634	52 369	144 265	145 463	36 970	108 493	7 686
1934	379 960	230 320	62 734	167 586	149 640	39 107	110 533	7 598
1935	415 158	263 640	73 691	189 949	151 518	39 441	112 077	7 655
1936	459 795	305 601	83 476	222 125	154 194	39 897	114 297	7 728
1937	471 949	313 904	96 021	217 883	158 045	41 705	116 340	7 945

Paulo, 21,4 % auf Rio de Janeiro, 11,7 % auf Minas Gerais, dem Standort der brasilianischen Eisenhüttenindustrie, und 4,8 % auf Rio Grande do Sul entfielen; von der verwerteten Wasserkraft entfielen sogar 52,4 % auf São Paulo und 25,1 % auf Rio de Janeiro, während die kleinen Kraftwerke in den Nord- und Nordoststaaten größtenteils auf Kohle aufgebaut sind. Über den Stromverbrauch liegen Angaben nur für die Städte Rio de Janeiro und São Paulo vor (vgl. Zahlentafel 3 und 4). Danach ist der Gesamtverbrauch in Rio de Janeiro im Zeitraum 1929 bis 1937 um 45,5 %, in São Paulo in den Jahren 1929 bis 1935 um 61,2 % gestiegen. In der Verbrauchszunahme war in Rio de Janeiro in erster Linie der private Verbrauch für Beleuchtung und Kraft beteiligt, der im Berichtszeitraum um 68,7 % stieg, während sich in São Paulo der private Verbrauch nur um 55,5 % erhöhte, der öffentliche Verbrauch dagegen mehr als verdoppelte. Allerdings entfielen in São Paulo im letzten Berichtsjahr nur 11,8 % des gesamten Stromverbrauchs auf den öffentlichen Verbrauch, während sich 1937 in Rio de Janeiro der entsprechende Anteil auf 33,5 % belief.

Zahlentafel 4. Entwicklung des Stromverbrauchs in der Stadt São Paulo.

	Gesamtverbrauch (1000 kWh)	davon entfielen auf					
		privaten Verbrauch			öffentlichen Verbrauch		
		insgesamt	davon		insgesamt	davon	
			Beleuchtung	Kraft		Beleuchtung	Kraft
1929	197 826	180 912	50 567	130 345	16 914	5 973	10 941
1930	186 481	161 013	50 253	110 760	25 468	6 966	18 502
1931	196 602	173 196	50 774	122 422	23 406	12 390	11 016
1932	207 509	182 216	52 916	129 300	25 293	14 450	10 843
1933	243 970	212 462	59 956	152 506	31 508	16 114	15 394
1934	279 618	246 023	69 195	176 828	33 595	16 874	16 721
1935	318 966	281 320	79 380	201 940	37 646	17 683	19 963

Ernst Reichelt.

DK 621.313.13 + 621.365.453 : 631.3.003.2

Verbilligte elektrische Motoren und Geräte für die Landwirtschaft. — Im Reichsgesetzblatt[1]) ist eine vom Reichskommissar für die Preisbildung erlassene „Verordnung über die Senkung der Preise der von der Landwirtschaft benötigten Elektrogeräte und Elektromotoren" veröffentlicht.

Die Verordnung besagt, daß alle Unternehmen und Betriebe, die im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes vom 13. 12. 1935[2]) die Erzeugung, Fortleitung oder Abgabe von Elektrizität betreiben, auf die Dauer von 5 Jahren bis zu 35 Mill RM jährlich ab 1. Juli d. J. aufzubringen haben. Die Umlage erfolgt nach Maßgabe der erzeugten bzw. abgegebenen Kilowattstunden und ist an eine von dem Reichskommissar für die Preisbildung zu bestimmende Stelle abzuführen.

Mit dieser Verordnung ist ein weiterer Schritt zur Technisierung der Landwirtschaft getan worden. In diesem Zusammenhang sei an die „Tarifordnung für elektrische Energie"[3]) verwiesen, die eine Senkung der Strompreise insbesondere für die Landwirtschaft zur Folge hatte bzw. haben wird. Mit der neuen Verordnung erfolgt nun auch die bereits im Herbst auf der WEV-Tagung von Reichskommissar Wagner angekündigte Senkung der Gerätepreise[4]), denn diese 35 Mill RM sollen als Zuschuß für die Geräteanschaffung des Bauern dienen.

Die Maßnahmen werden hoffentlich dazu beitragen, 1. dem Arbeitermangel der Landwirtschaft wirksam entgegenzutreten (Ersatz der menschlichen Arbeitskraft durch die Maschine), 2. die Erzeugungsschlacht im Sinne des Vierjahresplanes durchzuführen (erhöhte Produktion) und 3. der Landflucht entgegenzuarbeiten, indem die Technik als Helferin im Bauernhaushalt und auf dem Bauernhof die Arbeit erleichtert. *Hs.*

[1]) Reichsgesetzblatt Teil 1, Nr. 111, S. 1044.
[2]) ETZ 57 (1936) S. 21.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 951.
[4]) ETZ 60 (1939) H. 3, S. 85.

DK 621.365.453.003 : 64

Die Wirtschaftlichkeit des vollelektrischen Haushaltes für das Elektrizitätswerk mit besonderer Berücksichtigung der Heißwasserbereitung. [Nach I. Thiemens, Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) S. 676; 5 S., 6 Abb.; 37 (1938) S. 795; 2 S., 1 Abb.]

Der Verfasser untersucht an Hand von Belastungsmessungen, die von der Berliner Kraft und Licht (Bewag) A G. in vollelektrischen Siedlungen vorgenommen sind, das wirtschaftliche Ergebnis der Versorgung von Wohngebieten für das Elektrizitätswerk jeweils für den Fall, daß Elektrizität nur für Licht, für Licht und Kochen, und endlich für Licht, Kochen und Heißwasserversorgung geliefert wird. Dabei werden der Reihe nach reine Nachtaufheizung der Heißwasserspeicher, zusätzliche Tagesheizung mit Spitzensperre durch Uhren, Relaissteuerung (d. h. Verriegelung zwischen Herd und Speicher) und Dauereinschaltung ohne zeitliche Sperre untersucht. Die Rechnungen werden so durchgeführt, daß die verschiedenen „Sorten" Strom (Licht, Kochen und Heißwasser) demselben Kalkulationsgang unterworfen werden.

Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß die Überschüsse für das Elektrizitätswerk aus einem Haushalt mit Elektrizitätsverbrauch für Licht und Kochen mehr als doppelt so hoch sind wie aus einem Haushalt mit Lichtstromverbrauch allein. Betreffs der Wirtschaftlichkeit der Belieferung der Heißwasserspeicher ergibt sich die vielleicht überraschende Tatsache, daß die Überschüsse aus dieser Anwendung der Elektrizität, die etwa dieselbe Höhe haben wie die aus Licht allein oder aus Kochen allein, fast unabhängig sind von der Zeit, in die die Aufheizung der Speicher gelegt wird. Die Netzaufwendungen, die in gewissem Umfange bei Tagesaufheizung der Speicher erforderlich sind, werden bei reiner Nachtaufheizung durch die Aufwendungen für Beschaffung und Unterhaltung der Schaltuhren ausgeglichen. Die Überschüsse aus Haushaltungen der drei angeführten verschiedenen Elektrisierungsstufen verhalten sich etwa wie 1 : 2 : 3. *Eb.*

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Bekanntmachung.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat Normblattentwürfe zu

DIN VDE 9440 Zweipolige Schutzkontaktsteckdose 10 A 250 V

DIN VDE 9441 Zweipoliger Schutzkontaktstecker 10 A 250 V

DIN VDE 9442 Druckwasserdichte zweipolige Schutzkontaktsteckdose 10 A 250 V

DIN VDE 9443 Druckwasserdichter zweipoliger Schutzkontaktstecker 10 A 250 V

aufgestellt, die in ETZ 60 (1939) H. 31, S. 931 veröffentlicht sind. Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 1. September 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer:

Blendermann

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

DK 621.331 : 625.2(100)

Bemerkungen zum Bericht: „Entwicklung und Stand der Elektrisierung der Eisenbahnen der Welt" in ETZ 60 (1939) H. 19, S. 579.

Hiermit erlaube ich mir, Sie auf folgende Irrtümer in H. 19 Ihrer geschätzten Zeitschrift aufmerksam zu machen. Es betrifft dies folgende Punkte des oben genannten Artikels:

1. Der erste elektrische Zugbetrieb in der Schweiz wurde nicht 1894, sondern bereits 6 Jahre früher am 6. Juni 1888 auf der 10,5 km langen Tramlinie von Vevey nach Chillon am Genfersee eröffnet. Das in der ETZ genannte Jahr 1894 gilt für die Betriebseröffnung der ersten normalspurigen Eisenbahnlinie der Schweiz von Orbe nach Chavornay.
2. In der Schweiz werden als Stromart nicht nur Gleichstrom und Einphasenwechselstrom verwendet, auch das Drehstromsystem steht noch in Gebrauch bei der Gornergratbahn, der Jungfraubahn, der Stansstad-Engelbergbahn und der Brunnen-Morschach-Axenstein-Bahn.

Basel, 18. 6. 1939. Alfred Degen.

Hierzu teilt uns der Verfasser des betr. Berichtes mit, daß er in seiner Arbeit sich nur mit den Hauptbahnen befaßt habe, während es sich bei den von dem Einsender genannten Bahnen, bei welchen Drehstrom verwendet wird, um 3 Zahnradbahnen und eine Schmalspurbahn handelt. — Betreffend Länge und Eröffnung der elektrisierten Strecke sei zu bemerken, daß der in der Arbeit aufgeführten Zahlentafel die angegebenen Quellen zugrunde gelegt wurden. Das Eidgenössische Eisenbahn-Departement, Abteilung für Verkehr, Bern, habe dem Verfasser auf Anfrage mitgeteilt, daß sich die Gesamtlänge der elektrisierten Strecken der Schweiz auf 4112 km belaufe. Diese Zahl wurde auch insoweit in der Abhandlung verwendet als es im Textteil heißt: „In der Schweiz wurden Ende 1938 rund ¾ des gesamten Eisenbahnnetzes elektrisch betrieben". Die Länge des gesamten Eisenbahnnetzes betrug nach den Angaben des oben genannten Büros 5489 km. — Wir begrüßen die Ausführungen des Herrn A. Degen im Interesse unserer Leser.

Wissenschaftliche Leitung der ETZ.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.39

Mitteilungen aus dem Reichspostzentralamt. Bd. 20 1938. Mit zahlr. Abb. u. 262 S. im Format A 4. Alleinvertrieb durch Julius Springer, Berlin. Oktober 1938. Preis kart. 8 RM.

Der Band XX der Mitteilungen aus dem Reichspostzentralamt enthält 33 Veröffentlichungen von Mitarbeitern dieses Amtes aus den Jahren 1937 und 1938.

Der Band wird eröffnet mit einem zusammenfassenden Bericht über die „Fortschritte des elektrischen Nachrichtenwesens aus dem Reichspostzentralamt im Jahre 1936".

Aus dem Gebiet der Fernsprechtechnik werden folgende Fragen behandelt: Berechnung der Übertragungseigenschaften gleichförmiger Leitungen, Zusammenschalten von mehreren Fernsprechleitungen zu Konferenz- oder Sammelverbindungen, Tonfrequente Rufvorgänge in Fernkabelleitungen, Netzgruppen für den Selbstwählferndienst, der Fernleitungs-Meßkraftwagen. Maßnahmen zur Verbesserung der Übertragungsgüte von Fernsprechapparaten werden in Arbeiten über Ausgleichsschaltungen in Fernsprechapparaten und über Untersuchungen der Schwingungssysteme von Fernsprechmikrophonen besprochen. Ein weiterer Aufsatz behandelt neue Rückkopplungssperren im Funkfernsprechdienst.

Über die Übertragung und die Wiedergabe von Rundfunksendungen berichten Aufsätze über die elektrischen Übertragungseigenschaften des Deutschen Rundfunkleitungsnetzes, über die Verteilereinrichtung für Lautsprecherübertragungen beim Fernamt Berlin und über die Empfindlichkeit und Trennschärfe von Rundfunkempfängern.

Fragen der Rundfunkstörung und -entstörung behandeln Berichte über Rundfunkstörungsmessungen an Straßenbahnen, niederfrequente Rundfunkstörungen bei Gleichrichterspeisung, Rundfunkentstörung einer Hochspannungsleitung.

Über Vorgänge bei der Ausstrahlung von Antennen wird in Aufsätzen über die Erdverluste von Antennen, die Berechnung der elektromagnetischen Felder strahlender Leiter, die Bodenfeldstärke in Abhängigkeit von der Vertikalkennlinie der Sendeantenne, das zulässige Feldstärkeverhältnis zweier gleichzeitig empfangener Sender gesprochen. Im Zusammenhang hiermit stehen die Arbeiten über gegenseitige Modelungsbeeinflussung elektromagnetischer Wellen in der Ionosphäre, über Trägersteuerung am Großrundfunksender Leipzig, über einen Wellenmesser höchster Genauigkeit.

Außerdem enthält der vorliegende Band eine Reihe von Aufsätzen, die Einzelfragen der Übertragung von Funkbildern und von Telegraphiezeichen auf dem Funkwege nach dem Impulsverfahren behandeln. Weitere Arbeiten berichten über den Stand der Apparatetechnik im Fernschreibbetrieb, sowie über ein gepoltes Telegraphenrelais hoher Empfindlichkeit. Karl August Mittelstraß.

DK 621.43

Die Brennkraftmaschinen. Band 4: Motoren für Land- und Luftverkehr, für Kraftwagen, Traktoren, Triebwagen, Lokomotiven und Flugzeuge. Von Prof. Paul Meyer. Mit 106 Abb., 5 Zahlentafeln u. 141 S. im Format 105 × 160 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin 1939. Preis geb. 1,62 RM.

Das Buch bildet den vierten Teil einer zusammenfassenden Darstellung des heutigen Standes der Brennkraftmaschinen in gedrängter Form. Es ist in sich selbständig und kann auch ohne Kenntnis der früher erschienenen drei Bändchen benutzt werden. Ausgehend von den allgemeinen Bedingungen für die Verkehrsmaschinen behandelt es kurz die gebräuchlichen flüssigen, gasförmigen und festen Brennstoffe, wobei auch auf die Fahrzeuggaserzeuger eingegangen wird. In dem Abschnitt über die motorischen Arbeitsverfahren wird dem für diese Motorenart besonders wichtigen Einfluß der Drehzahl besondere Beachtung zuteil. Es folgt eine Beschreibung der allgemeinen Einrich-

Digitized by Google

tungen der Brennkraftmaschinen: Zündung, Kühlung, Schmierung u. s. f. und hierauf ein Abschnitt über den Verlauf des Drehmomentes, an Hand dessen der Massenausgleich von Mehrzylindermaschinen und die schwingungserregenden Kräfte und Momente und die Mittel zur Verhütung ihrer Wirkung behandelt werden. Auf Drehschwingungen und kritische Drehzahlen wird kurz hingewiesen. In den beiden letzten Abschnitten werden die einzelnen Bauteile: Zylinder, Kolben, Ventile u. s. f. und vollständige Motoren für Straßen-, Schienen- und Luftfahrzeuge besprochen.

Fast die Hälfte des verfügbaren Raumes wird durch Abbildungen, Schaubilder und Zahlentafeln in Anspruch genommen, wobei das Grundsätzliche gut hervortritt. Wenn das Heftchen schon wegen des beschränkten Raumes die allgemeinen Probleme der Verkehrsmaschinen nur in gedrängter Form aufzeigen kann, so gibt es doch unser heutiges Wissen in klarer allgemeinverständlicher Darstellung wieder.

Kurt Neumann.

DK 621.785 : 669.14

Härte und Vergüten des Stahles. Von Ing.-Chem. H. Herbers. 4. umbearb. u. vermehrte Aufl. (Werkstattbücher, Heft 7. Herausg. von Dr.-Ing. H. Haake.) Mit 96 Abb., 6 Tabellen u. 68 S. im Format 155×230 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1938. Preis kart. 2 RM.

Das gutbekannte Werkstattbuch „Härten und Vergüten 1. Teil" in der 4. Auflage genannt „Härten und Vergüten des Stahles" ist auf die Praxis eingestellt und bringt in seiner umgearbeiteten Form sehr klar und deutlich nicht nur viel Fortschrittliches aus der Wissenschaft vom Stahl, sondern auch die wichtigsten theoretischen Begründungen in gedrängter und leicht verständlicher Form. Jedem Konstrukteur und Betriebsmanne wird dieses kleine Werk viel Wissenswertes geben. Druck und Ausführung sind wieder sehr gut. In keiner Werkstattbücherei in keinem Konstruktionsbüro sollte dieses vorzüglich geschriebene Buch, dem die weiteste Verbreitung zu wünschen ist, fehlen.

Hanns Becker.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Energiewirtschaft-Recht. Von E. Eiser. Ergänzungsblätter. 2. Lieferung (70 Blatt). C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München und Berlin, März 1939. Preis 2,80 RM.

[Die zweiten Ergänzungsblätter[1]) enthalten u. a. die 3. und 4. Durchführungsverordnung zum Energiegesetz. Die in den ersten Ergänzungsblättern abgedruckte Tarifordnung[2]) hat jetzt Erläuterungen zubekommen. Auf die Richtlinien über Kreuzung der Reichsautobahnen mit Elektrizitätsversorgungsanlagen sowie auf die wiedergegebenen Erlasse und Anordnungen zum Energiegesetz sei hingewiesen.] *s.*

Grundlagen der Mathematik. Das Hilfswissen für den Techniker. Von Studienrat Dr. W. Mischke. Mit zahlr. Abb. u. 175 S. im Format A 5. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Berlin—Wien—Leipzig 1939. Preis kart. 3,90 RM.

[Was das Buch bemerkenswert macht, ist nicht nur die frische und lebendige Behandlung der mathematischen Grundlagen, sondern auch die zahlreichen Beispiele und Aufgaben, die dem Arbeitsgebiet des Technikers entnommen sind. Auf 175 Seiten ist das Buch in folgende fünf Abschnitte gegliedert: Die Grundrechnungsarten, Geometrische Grundbegriffe und Grundgebilde, Buchstabenrechnung, Rechnerische und zeichnerische Lösungsverfahren von Gleichungen, und Winkelfunktionen und Winkelfunktionsbeziehungen. Damit ist auch der Kreis gekennzeichnet, für den das Buch in erster Linie gedacht und geschrieben ist, nämlich die jungen Techniker in den Betrieben, die sich neben den Fachschulen und ähnlichen Lehranstalten noch weitergehende Berufskenntnisse erwerben wollen.] *He.*

Vertragsbestimmungen und Gebührenordnung der Ingenieure, in der Fassung vom 6. April 1937 mit Änderungen vom 10. Dezember 1938. Aufgestellt vom AGO (Ausschuß für die Gebührenordnung der Ingenieure), Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40, in Zusammenarbeit mit den Arbeitsausschüssen der Fachgruppe „Technik" der RBG 13 „Freie Berufe" der DAF und dem NS-Bund Deutscher Technik. Mit 26 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis geh. 1 RM.

[Der Inhalt des Büchleins, das die Ende vorigen Jahres herausgekommenen Änderungen berücksichtigt, gliedert sich, wie auch der Titel besagt, in die beiden Kapitel „Vertragsbestimmungen" und „Gebührenordnung". Im letzteren findet man auch die Bewertung der Leistungen der Maschinen- und Elektroingenieure.] *s.*

Verarbeitung von Leichtmetallen in der Stanzereitechnik. Herausg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. Mit 47 Abb. u. 112 S. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1939. Preis kart. 3,80 RM.

[Der Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung hat in seiner Arbeitsgruppe „Verformen" dieses wichtige und ständig an Bedeutung zunehmende Arbeitsgebiet als erste Veröffentlichung gewählt, um darin alle bisherigen Erfahrungen zusammenzufassen und den Leichtmetall verarbeitenden Betrieben zur Verfügung zu stellen. Die Gliederung in 16 Abschnitte, die mit der Lagerung und Werkstoffbehandlung beginnt, sich dann dem eigentlichen Stanzen und Ziehen samt den dazugehörigen Vorrichtungen, Werkzeugen, Kühl- und Schmiermitteln und den neuzeitlichen Maschinen zuwendet, schließt mit den Verletzungen und Hauterkrankungen bei der Leichtmetallverarbeitung. Zahlreiche gute Abbildungen ergänzen den Text.] *He.*

Neue Zeitschrift.

EMA Die elektrische Maschine. Fachzeitschrift für das Deutsche Elektromaschinenbauerhandwerk. Herausg. von Ziviling. F. Raskop, Sachverständiger für elektrische Maschinen. Verlag M. Krayn, Berlin. Preis 4,80 RM pro Halbjahr (6 Hefte).

[Es ist zu begrüßen, daß mit dem Wiedererscheinen der EMA dem Elektromaschinenbauer für das große Gebiet der Maschinenwicklungen eine Fachzeitschrift gegeben wird, um so mehr, als gerade dieses Gebiet einen entscheidenden Anteil an den großen Fortschritten im Elektromaschinenbau hat. Wenn die Zeitschrift außer ihrer früheren bewährten praktischen Behandlung dieses Fachgebietes künftig auch dem Entwurf moderner Wicklungsschaltungen den gebührenden Platz einräumt, dann könnte sie einmal die Plattform für die Erörterung der neuesten wickeltechnischen Probleme werden und einen gesunden Kontakt der Praxis mit der technisch-wissenschaftlichen Seite dieses Fachgebietes herstellen.] *Ttl.*

Doktordissertationen.

Friedrich Frölich, Die Spannungsabhängigkeit der Dispersion der Dielektrizitätskonstante starker Elektrolyte. T. H. Dresden 1938. (Sonderdruck aus Phys. Z. 40 [1939] S. 124.)

Wolfgang Kehse, Beitrag zur Kenntnis der Feldverteilung im Luftspalt der Asynchronmaschine. T. H. Darmstadt 1937.

Alexander Keller, Eine neue Einrichtung zum Messen des Übersetzungsverhältnisses von Leistungstransformatoren. T. H. Darmstadt 1938.

Max Nolte, Die Kugelfunkenstrecke als Effektivwert-Meßgerät. T. H. Darmstadt 1937.

Wilhelm Schönfeld, Über die Erzeugung hoher Kurzwellenleistung mit Löschfunkenstrecken. T. H. Dresden 1937.

Wen-Tsai-Li, Über die elektrischen Vorgänge bei Hochfrequenz, Schmelzanlagen mit umlaufender Funkenstrecke und deren Bedeutung für einen günstigen Betrieb. T. H. Dresden 1938.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obertelegraphen-Inspektor F. Budischin, Berlin-Mariendorf, Rathausstraße 14.

Techn. Tel.-Inspektor E. Deklotz, Berlin-Steglitz, Altmarkstr. 24.

Obering. W. Höpp VDE, Berlin-Heiligensee, Straße 2, Nr. 64.

E. Reichelt, Berlin-Friedenau, Odenwaldstr. 22.

Dr.-Ing. O. Zinke VDE, Berlin NW 87, Siegmundshof 21.

Abschluß des Heftes: 28. Juli 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

[1]) ETZ 59 (1938) S. 1284. Besprechung d. Buches: ETZ 58 (1937) S. 1407.

[2]) ETZ 59 (1938) S. 951.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 10. August 1939 | Heft 32

Störungen der Funkausbreitung und das Auftreten von Sonneneruptionen.

Von B. Beckmann VDE, Berlin.

DK 621.396.82 : 551.590.21

Übersicht. Ausbreitung der Raumstrahlung durch die Ionosphäre. Grenzwellen und Dämpfung. Nordlicht- und Absorptionsschwund (Dellinger-Effekt). Der Zusammenhang mit der Sonnenaktivität. — Zur Frage der Periodizität des Kurzschwundes. Seine Entstehungsursache unter Berücksichtigung der Ergebnisse der elektromagnetischen Echolotung. Die eintretenden Veränderungen des Reflexionsvermögens der Ionosphärenschichten. — Die Dämpfung als Folge einer plötzlichen Ionisationsvermehrung und deren Beziehung zur Fackelbildung in der Chromosphäre der Sonne. Die als Ionisierungsursache in Frage kommenden Bereiche des ultravioletten Sonnenspektrums.

Die Fortleitung der elektromagnetischen Wellen erfolgt auf größere Entfernungen, insbesondere im Kurzwellenbereich, im wesentlichen durch sogenannte Raumstrahlung. Als solche bezeichnet man den Teil der Strahlung eines Senders, der als Kugelwelle in den Raum hinausgehend im Gebiet der Ionosphäre zur Reflexion gelangt und den Empfangsort von oben her unter einem mehr oder weniger großen Winkel erreicht. Unter Ionosphäre verstehen wir hoch über der Stratosphäre in 100 bis einigen 100 km Höhe liegende Luftschichten sehr großer Leitfähigkeit. Sie schließen die Erde in eine Hohlkugel ein, die, ähnlich einem metallischen Leiter, die elektromagnetischen Wellen reflektiert und so eine Ausbreitung der Raumstrahlung, die sonst radial in den Weltraum hinausgehen würde, um die Erde herum ermöglicht.

Die theoretische Annahme einer Ionosphäre stammt bereits aus dem Jahre 1901. Fast gleichzeitig wurde damals von Kennelly und Heaviside die Vermutung ausgesprochen, daß die Erde von einer leitenden Schicht umgeben sei. Die experimentellen Untersuchungen in dieser Hinsicht setzten Anfang der zwanziger Jahre ein, als es amerikanischen Amateuren gelang, mit wenigen Watt drahtlose Verbindungen mit Europa herzustellen. 1926 war bereits ein direkter Nachweis der reflektierenden Gebiete möglich. Breit und Tuve hatten das heute allgemein bekannte Echolotungsverfahren entwickelt, bei dem aus der Laufzeit sehr kurzer Impulse auf Schichthöhen geschlossen werden kann. Auf diese Weise wurde festgestellt, daß in der Hauptsache drei Ionisationsmaxima als Schichten in verschiedenen Höhen zu unterscheiden sind, nämlich die E-Schicht (120 km), die F_1-Schicht (250 km) und die F_2-Schicht (etwa 350 km).

In der Ionosphärenforschung eröffnete sich sowohl dem Hochfrequenzfachmann als auch dem Geophysiker ein neues Betätigungsfeld. Bis 36 km Höhe konnte man bisher auf Grund von Ballonaufstiegen über den Zustand der Atmosphäre sichere Angaben machen. Darüber hinaus war unsere Kenntnis recht mangelhafter Natur. Sie rührte in der Hauptsache aus der Beobachtung von Meteoren und Nordlichtern her. Die Untersuchung der höheren Atmosphäre mit elektromagnetischen Wellen war deshalb dem Geophysiker ein willkommenes Hilfsmittel.

Mit der Erforschung der Ionosphärenschichten trat auch die Frage nach den Ursachen der Höhenionisation in den Vordergrund des Interesses. Aus den zeitlichen Höhen- und Reflexionsveränderungen, wie sie durch Echomessungen festgestellt wurden, hatte man bald erkannt, daß bei diesen Vorgängen die Sonne die wesentlichste Rolle spielt. Man fand tägliche und jahreszeitliche Veränderungen der Ionisation, und es zeigte sich auch ein elfjähriger Gang, der dem elfjährigen Sonnenfleckenzyklus entspricht. Die Abhängigkeit vom Sonnenstand tritt für die normale E-Schicht und für die F_1-Schicht klar in Erscheinung. Es kann heute als gesichert gelten, daß diese Schichten die Ultraviolettstrahlung der Sonne als Ursache haben. Die F_2-Schicht läßt zwar ebenfalls den elfjährigen Gang des Sonnenzyklus erkennen, zeigt dagegen im Laufe eines Jahres gerade dem Sonnenstand entgegengesetzte Intensitätsschwankungen, und zwar gleichphasig für die ganze Erde. Es wird vermutet, daß hier eine von der Sonne ausgehende korpuskulare Strahlung eine Rolle spielt; jedoch sind diese Vorgänge in der F_2-Schicht noch nicht restlos geklärt. Mit Sicherheit kann das Eintreffen einer Korpuskularstrahlung beim Auftreten von Polarlichtern angenommen werden. Die Echomessung zeigt, daß dabei im F-Gebiet neue Reflexionsniveaus entstehen, die zu Störungen der normalen Schichten Veranlassung geben.

Wenn auch, wie z. B. bei der nach Sonnenuntergang auftretenden anomalen E-Schicht, deren Entstehungsursache gelegentlich mit Meteorschwärmen in Verbindung gebracht wird, neben der Sonne noch andere Ionisierungsquellen in Betracht gezogen werden müssen, so gilt doch als wesentlichste die Ionisierung erzeugende Strahlungsquelle die Sonne.

Die Fortleitung der elektromagnetischen Wellen durch die ionisierten Schichten, das Reflexionsvermögen und die Dämpfung sind durch die jeweils dort vorhandene Ionisation bzw. ihre Verteilung mit der Höhe bedingt. Die Grenzwelle, das ist die Wellenlänge, die von einer Schicht gerade noch reflektiert wird — eine kürzere würde sie durchdringen —, ist für Wellenstrahlen, die unter dem Winkel Θ den Sender verlassen, nach der Theorie durch die Beziehung gegeben:

$$\lambda^2 = \frac{\pi c^2 m}{N e^2} \left(1 - \frac{\cos^2 \Theta}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2} \right) \qquad (1)$$

(m Masse, e Ladung des Elektrons, N Ladungsträgerdichte, d. h. Anzahl der Ladungsträger in cm^3, c Lichtgeschwindigkeit, h Schichthöhe, R Erdradius).

Digitized by Google

Nach Zurücklegung des Weges x im ionisierten Medium hat die Feldstärke E nur noch den Wert:

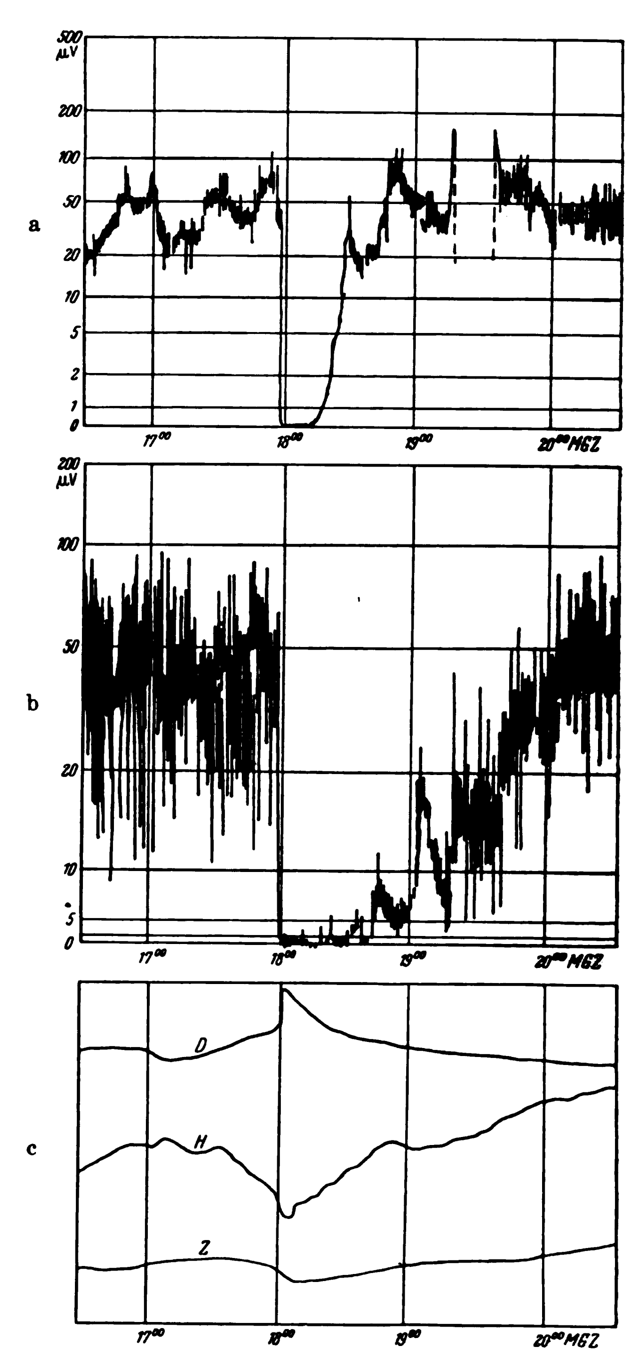
$$E = E_0 \, e^{-Kx}, \quad K = \frac{N e^2}{2 \pi c^3 m} \, s \, \lambda^2 \qquad (2)$$

(K Dämpfungsfaktor, s Stoßzahl), wobei E_0 den Wert beim Eintritt in das ionisierte Gebiet bedeutet. Aus beiden Gleichungen erkennt man, daß durch Veränderungen der Ladungsträgerdichte N bzw. ihrer Verteilung mit der Höhe, d. h. Veränderung des im ionisierten Medium zurückgelegten Weges x, Störungen in der Ausbreitung auftreten können, die je nach ihrer Größe unter Umständen zu einem vollständigen Schwund der Raumwellen führen.

Diese den Funkern wohlbekannten Erscheinungen teilt die Ionosphärenforschung entsprechend ihrer jetzigen Kenntnis in zwei Gruppen ein. Die erste Gruppe umfaßt die Nordlichtstörungen, die beim Einbruch von Korpuskularstrahlung auftreten und mit erdmagnetischen Stürmen und, wie schon der Name sagt, mit Polarlichterscheinungen verbunden sind. In der Funkausbreitung, insbesondere der kurzen Wellen, zeigt sich die Nordlichtstörung durch über längere Zeiten ausgedehnte Schwunderscheinungen an, wobei am stärksten die polnahen Funklinien betroffen sind. Das Eintreffen der Korpuskularstrahlung konnte mit gleichzeitigen Vorgängen auf der Sonne nicht unmittelbar in Beziehung gebracht werden. Im großen gesehen besteht ein ausgeprägter Zusammenhang mit der Sonnenfleckentätigkeit. Bei der Korpuskularstrahlung handelt es sich wahrscheinlich um ionisierte Materie, die die Sonne an ihren aktivsten Stellen, den Sonnenflecken, verläßt. Man kann annehmen, daß sie die Erde am wahrscheinlichsten erreichen wird, wenn der betreffende Fleck den Zentralmeridian passiert. In einigen Fällen konnte einer Nordlichtstörung ein solcher Fleck zugeordnet werden, wenn man als Laufzeit der Korpuskeln etwa 36 Stunden annimmt. Diese Zuordnung ist aber sehr unsicher.

Weit deutlicher ist der Zusammenhang zwischen Sonnentätigkeit und Funkstörung bei der zweiten Störungsart, dem Kurzschwund, der allgemein unter dem Namen Dellinger-Effekt bekannt ist. Diese Störung, deren Eintreten zum Teil auf die Minute genau mit Vorgängen auf der Sonne in Verbindung gebracht werden konnte, wirkt sich auf die Kurzwellenausbreitung in besonders empfindlicher Weise aus, weil gleichzeitig sämtliche über die Tagesseite der Erde laufende Funklinien gestört sind und der Schwund häufig total ist. Seine Dauer schwankt zwischen einigen Minuten — daher die Bezeichnung Kurzschwund — bis fast einer Stunde. Über diese Erscheinung und ihre Beziehung zur Sonnentätigkeit wird im folgenden berichtet.

Das Auftreten des Kurzschwundes hatte schon H. Mögel im Jahre 1930 festgestellt, als er den Zusammenhang zwischen Funkstörungen und magnetischen Stürmen untersuchte. Er fand hierbei, daß neben den von magnetischen Stürmen begleiteten Störungen der Ausbreitung noch solche von kurzer Dauer auftreten, bei denen der Erdmagnet vollständige Ruhe zeigt. J. H. Dellinger hat im Jahre 1935 diese Störungen eingehender beobachtet. Er machte hierbei die interessante Feststellung, daß sie sich in regelmäßigen Abständen wiederholen. Es wurde von ihm eine Periode von 55 Tagen festgestellt, die der doppelten Umdrehungszeit der Sonne entspricht. Beobachtungen der Sonne im Spektroheliokop, die von R. S. Richardson auf dem Mount-Wilson-Observatorium durchgeführt wurden, ließen in einigen Fällen gleichzeitig mit dem Eintreten des Effektes eine Fackelbildung am Rande eines Sonnenfleckes erkennen. Solche Fackeln sind äußerst heftige Eruptionen in der Chromosphäre der Sonne. Die Vermutung liegt nahe, daß eine von ihnen ausgehende Strahlung die Veränderungen in der Ionosphäre bewirkt, die zum Eintreten des Schwundes Veranlassung geben. Es sei aber ausdrücklich betont, daß nicht jede Sonnenfackel einen Dellinger-Effekt zur Folge hat. Ebenso ist auch nicht immer bei jedem Kurzschwund eine Fackelbildung beobachtet worden. Nach Angabe Dellingers traten bei 118 Kurzschwundstörungen in 59 Fällen mit Sicherheit Sonnenfackeln auf. Die Frage, worin dieses unterschiedliche Verhalten begründet ist, konnte noch nicht geklärt werden.



a Empfangsfeldstärke bei 15625 kHz
b Empfangsfeldstärke bei 6060 kHz
c erdmagnetische Aufnahme des Obs. Cheltemham, M. D. (*D* Deklination, *H* Horizontalintensität, *Z* Vertikalintensität)

Abb. 1. Empfangsfeldstärkeverlauf und erdmagnetische Störungen beim Auftreten eines Kurzschwundes.

Der zeitlich gemeinsame Einsatzpunkt von Sonneneruption und Funkstörung ist nicht immer scharf definiert. Dellinger fand bis zu 3 min Differenz. Dagegen fällt der Einsatz der in tieferen Breiten gleichzeitig beobachteten erdmagnetischen Störung genau mit dem Beginn des Sonnenausbruchs zusammen. Diese erdmagnetische Störung findet man in unseren Breiten nicht. Ihre Intensität nimmt im Gegensatz zu den magnetischen Stürmen, die bekanntlich am Pol größte Werte erreichen, vom Äquator

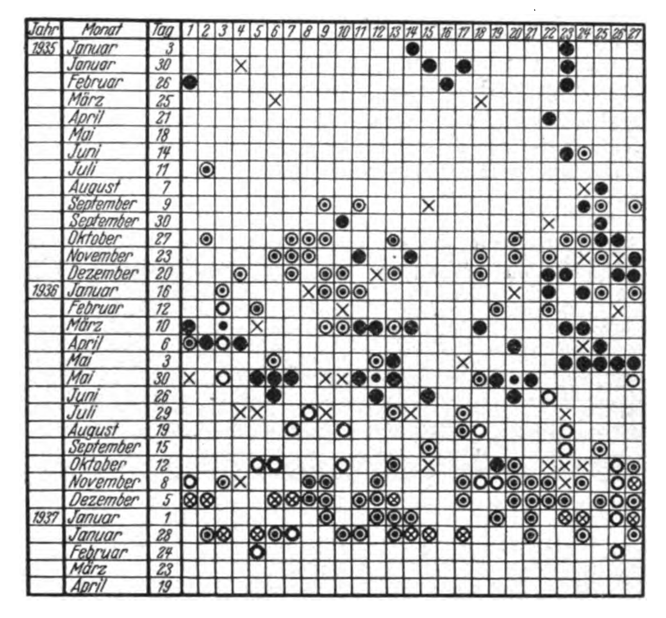
Digitized by Google

nach den Polen zu ab. Sie hat den Charakter einer sogenannten Baystörung.

Die als Kurzschwund bezeichnete Funkstörung ist dadurch gekennzeichnet, daß im Kurzwellenbereich (10 bis 100 m) plötzlich eine ausgeprägte Verschlechterung der Übertragungsbedingungen eintritt, während die Ausbreitung der sehr langen Wellen (10 000 m) sich wesentlich verbessert. Gleichzeitig mit der Feldstärke der betroffenen Kurzwellenstationen verschwindet auch der Störungshintergrund. Abb. 1 gibt den während eines Dellinger-Effektes gemessenen Feldstärkeverlauf zweier Stationen und die zugehörige erdmagnetische Störung wieder. Zu Beginn des Schwundes sehen wir bei beiden Stationen einen steilen Abfall der Intensität. Eine gewisse Zeit bleibt die Feldstärke flackernd auf einem Minimalwert, um dann in mehr oder weniger raschem Anstieg wieder den Ausgangswert zu erreichen. Die erste Station (Abb. 1 a) hat die Wellenlänge 19 m. Die Feldstärke hat hier etwa 15 min lang den Wert Null. In einer weiteren Viertelstunde vollzieht sich der Anstieg auf den Ausgangswert. Die zweite Station (Abb. 1 b) arbeitet auf der 50 m-Welle. Die Feldstärke verweilt hier längere Zeit auf dem Minimalwert (etwa 45 min). Ebenso vollzieht sich der Anstieg langsamer. Er dauert etwa 75 min. Diese Tatsache gibt bereits einen Hinweis auf die Natur dieser Ionosphärenstörung. Würde eine Ionisationsverminderung vorliegen, müßte, da in einem solchen Falle nach Gl. (1) die Grenzwelle nach oben rückt, gerade die kürzere Welle den Schwund intensiver zeigen. Da die längere Welle am stärksten betroffen ist, kann man folgern, daß es sich hier um einen Absorptionsschwund handelt, denn die Dämpfung wächst nach Gl. (2) mit dem Quadrat der Wellenlänge. Es ist demnach anzunehmen, daß eine von der Sonnenfackel ausgehende Strahlung für die Zeit des Schwundes eine Ionisationsvermehrung und damit eine Dämpfungszunahme in der Ionosphäre bewirkt. Da die Lage der aktiven Fackeln auf der Sonnenscheibe gleichgültig ist, kann es sich hierbei nur um eine Wellenstrahlung handeln, da sich eine Korpuskularstrahlung radial ausbreiten würde. Für diese Annahme spricht außerdem die große Geschwindigkeit, mit der die Strahlung den Weg Sonne – Erde zurücklegt.

Über das zeitliche Auftreten des Dellinger-Effektes liegen zahlreiche Beobachtungen vor. In Deutschland waren es vor allem die hieran interessierten Stellen der Reichspost und der Deutsche Amateur-Sendedienst, die solches Material gesammelt und ausgewertet haben. In Amerika hat Dellinger zum Teil selbst seine Beobachtungen fortgesetzt; des weiteren wurden vom Bureau of Standards Untersuchungen durchgeführt, und zwar auf der nördlichen Halbkugel in Washington und gleichzeitig auf der südlichen in Huancayo und Watheroo. Außerdem liegen zahlreiche Beobachtungen aus Japan vor.

In den Mitteilungen dieser Beobachtungen wird häufig die Periodizität des Dellinger-Effektes besprochen. Einige Forscher finden sie wie Dellinger 55tägig, andere nennen als Periode 27,5 Tage. Letztere Zeitspanne würde als wahrscheinlicher gelten, da sie einer einmaligen Sonnenumdrehung entspricht. Nach dieser Zeit könnte ein bestimmter Sonnenfleck wieder durch den Zentralmeridian wandern, falls er noch besteht. Aber auch für die 55tägige Periode fand man eine Erklärung. Die Rechnung ergibt, daß nach 27,5 Tagen der Beobachtungsort sich auf der Rückseite der Erde befindet. Mit zunehmender Häufung der Beobachtungen traten immer mehr Abweichungen von der Periodizität auf. Man versuchte diese zu deuten durch Annahme mehrerer Fleckengruppen und zeitlicher Abwanderung der Flecken vom Sonnenäquator nach den Polen während einer Umdrehung. Da die Sonne kein fester Körper ist, nimmt die Rotationszeit vom Äquator zum Pol zu. Hiermit würde ein Nachhinken hinter der normalen Periode zu erklären sein. Abb. 2 zeigt, in einem 27tägigen Schema eingetragen, die in verschiedenen Teilen der Erde während einer größeren Zeitspanne beobachteten Dellinger-Effekte. Aus dieser Zusammenstellung ist eine Periodizität nicht erkennbar. Sie ist auch kaum zu erwarten, wenn man bedenkt, daß das Passieren des Zentralmeridians sicher nicht für das Eintreten des Effektes maßgebend ist, daß weiter während einer Sonnenumdrehung Flecken unter Umständen erlöschen und neue entstehen, und außerdem nicht einmal jede Fackel zu einem Effekt führt. Dellinger selbst hält an der 55tägigen Periodizität fest, die, wie er sagt, allerdings nicht immer ausgeprägt in Erscheinung tritt.



● Japanische Beobachtungen (Kwasan Observatory, Kioto Imperial University)

○ Ergänzungen von O. Morgenroth, Sonneberg. [Funktechn. Mh. (1937) H. 7, S. 211]

Amerikanische Beobachtungen:

⊙ in Huancayo (Berkner, Wells)

⊗ in Watheroo (Dellinger)

× nach einer Mitteilung von Richardson

Abb. 2. In der Zeit vom Januar 1935 bis April 1937 beobachtete Dellinger-Effekte.

Wie eingangs auseinandergesetzt wurde, gliedert sich das Gebiet der Ionosphäre in drei Schichten. Es wäre nun die Frage zu stellen, in welcher Höhe die die Unterbrechung der Raumwelle verursachende starke Dämpfung auftritt, bzw. wo die bei einem Fackelausbruch auftretende Strahlung absorbiert wird. Bevor auf die für die Sonnenstrahlung vorliegenden Absorptionsverhältnisse der Atmosphäre eingegangen wird, sei zunächst über die hinsichtlich des Dellinger-Effektes bei Echomessungen gemachten Feststellungen berichtet.

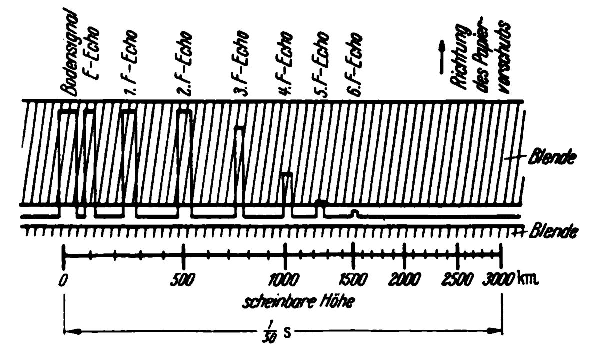


Abb. 3. Aufzeichnung der Echozeichen mittels einer Braunschen Röhre.

Wie schon kurz angedeutet, benutzt man für diese Messungen einen mit kurzen Impulsen modulierten Sender.

Digitized by Google

Die Aufnahme dieser Zeichen und der etwa auftretenden Echos erfolgt mit einem geeigneten Empfänger, wobei die Signale auf einer Braunschen Röhre sichtbar gemacht und auf einem vorübergleitenden lichtempfindlichen Papier aufgezeichnet werden. Das die Zeitablenkung erzeugende Kippgerät arbeitet mit dem Sender synchron in der Weise, daß am Anfang der Zeitachse immer das direkte Zeichen (Bodensignal) steht. Aus der bekannten Ablenkgeschwindigkeit kann man auf Laufzeiten der Echos und damit auf Schichthöhen schließen. Das auf dem Schirm einer Braunschen Röhre entstehende Bild zeigt Abb. 3. Nach Abdeckung der Amplitudenspitzen sieht man auf dem Registrierstreifen die Signale als weiße Linien auf dunklem Grund.

Wellenlänge noch von dem Einfallswinkel abzuhängen. Hierüber wird weiter unten einiges gesagt.

Wo liegt nun das absorbierende Gebiet, das das Aussetzen der F-Reflexion verursacht? Dellinger hatte schon anfangs die Ansicht geäußert, es handle sich hier um eine unterhalb der E-Schicht entstehende, verhältnismäßig dünn ausgebildete Schicht, die wegen des dort herrschenden großen Gasdruckes [Stoßzahl s wächst mit dem Druck. Siehe Gl. (2)] stark absorbierend wirkt. Sie müßte schon verhältnismäßig dünn sein, da sich vor und nach dem Effekt keine Änderungen der Reflexionshöhe zeigen (Abb. 4). Diese würden sonst auftreten, da beim Passieren eines ionisierten Gebietes die Gruppengeschwindigkeit (gleich Ausbreitungsgeschwindigkeit im ionisierten

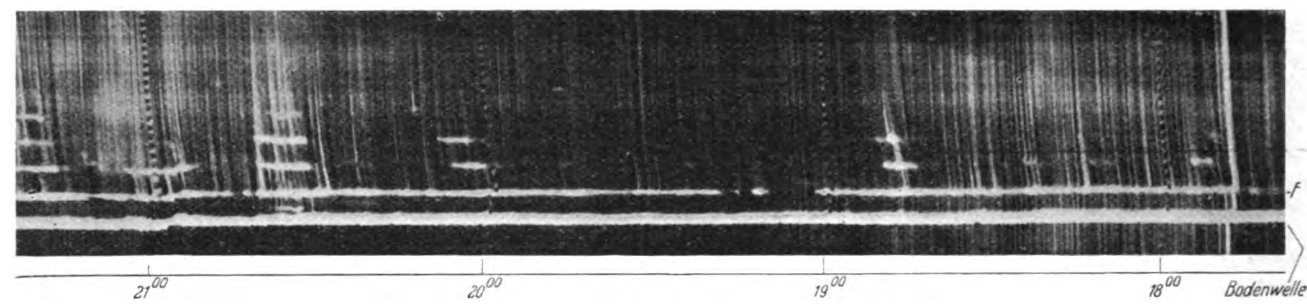


Abb. 4. Aussetzen der F-Reflexion am 28. Mai 1936 um 19^{00} MEZ gleichzeitig mit dem in der Funkausbreitung beobachteten Kurzschwund.

In Abb. 4 ist ein Stück eines solchen Registrierstreifens wiedergegeben. Er wurde am 28. 5. 1936 bei Echomessungen des Instituts für Schwingungsforschung, die in der Nähe von Berlin durchgeführt wurden, zur gleichen Zeit aufgenommen, als der in Abb. 2 gezeigte Dellinger-Effekt in Amerika beobachtet wurde. Die Zeit ist auf dem Streifen in MEZ angegeben, in Abb. 2 dagegen in mittlerer Greenwicher Zeit. In MEZ umgerechnet setzt der Effekt

Gas) erheblich verkleinert wird. Man glaubte zunächst, daß die höheren Gebiete bei dem Effekt überhaupt nicht beeinflußt werden. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch deutlich, daß zumindest auch die E-Schicht eine Veränderung erfährt. Am 26. 4. 1938 wurde auf der Übersee-Funkempfangsstelle Beelitz der Deutschen Reichspost in der Zeit von 13^{50} bis 14^{20} ein Dellinger-Effekt beobachtet. Abb. 5 zeigt den gleichzeitig auf einer Echolotungs-

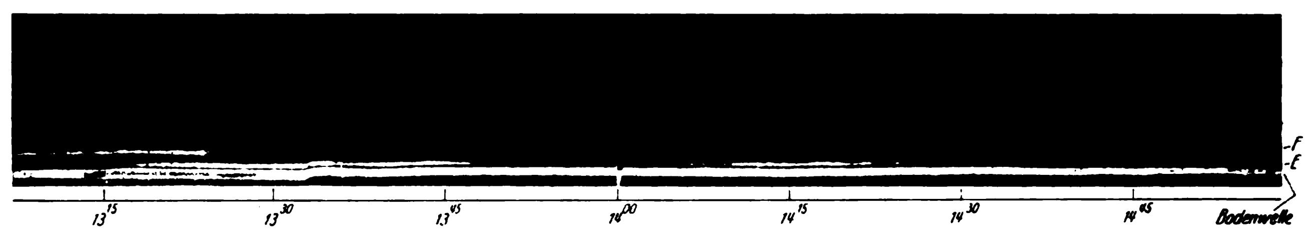


Abb. 5. Veränderungen der E- und F-Reflexion bei einem am 26. April 1938 um 13^{50} MEZ aufgetretenen Dellinger-Effekt. (Echoaufnahme der Forschungsanstalt der Reichspost.)

in Amerika um 19^{00} ein. Vor 19^{00} sieht man auf dem Registrierstreifen Abb. 4 über der Bodenwelle F-Schicht in 250 km Höhe mit Andeutung von Mehrfachreflexion. Genau um 19^{00} setzt die Reflexion aus. Erst gegen 19^{20} erscheint sie wieder in der früheren Höhe. Diese Reflexionslücke stimmt in ihrer Dauer überein mit der Schwundzeit des 19 m-Senders (Abb. 1 a). Der 50 m-Sender zeigt bei gleichem Einsetzen den Schwund erheblich länger. Die Echomessung wurde mit der Welle 61 m vorgenommen. Sonnenuntergang war für Berlin etwa um 20^{00}.

Ein solches Aussetzen der Reflexion wurde immer beim Auftreten des Dellinger-Effektes festgestellt, sofern der betreffende Beobachtungsort auf der sonnenbeleuchteten Seite der Erde lag. Ebenso wie bei den schräg in die Ionosphäre einfallenden Wellen in der Funkübertragung ist auch hier bei senkrechtem Einfall der gemeinsame Einsatzpunkt des Effektes charakteristisch. Die Dauer des Schwundes scheint neben der

station der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost in der Nähe von Weimar aufgenommenen Registrierstreifen (Wellenlänge 67,4 m). Während am Vormittag (in der Abbildung nicht wiedergegeben) nur F-Schicht gesehen wurde, tritt gegen 13^{15} E-Reflexion auf. Von 13^{25} an ist die Absorption in der E-Schicht so weit angewachsen, daß die F-Schicht verdeckt wird. Mit Beginn des Schwundes in der Funkausbreitung um 13^{50} setzt die E-Reflexion aus. Der dämpfende Einfluß liegt hier entweder in oder unter der E-Schicht. Gegen 14^{03} kehrt die E-Reflexion wieder. Der Schwund in der Ausbreitung ist aber erst um 14^{20} beendet. Gegen 14^{25} klingt die Reflexionsfähigkeit der E-Schicht ab, während gleichzeitig die F-Reflexion sichtbar wird. Erst hier ist offensichtlich die Ionosphärenstörung beendet. Da an den Vortagen und auch zu anderer Zeit an diesem Tage keine E-Schicht gesehen wurde, ist das Auftreten der E-Reflexion sicherlich dem Dellinger-Effekt zuzuschreiben.

(Schluß folgt.)

Digitized by Google

Die Stromwendung der Gleichstrom-Kleinstmaschinen.

Von G. Bolz VDE, Berlin.

DK 621.313.2.047.2.001.24

Übersicht. Unter Vernachlässigung der Selbst- und Gegeninduktivität für die Stromwendung der kurzgeschlossenen Spulen wird eine elementare Gleichung abgeleitet, aus welcher die physikalischen Zusammenhänge hervorgehen. Dabei ergibt sich, daß bei dem hohen Wirkwiderstand der Ankerspule solche elektromotorischen Kräfte, welche die Stromwendung verzögern, im ersten Bereich der Stromwendung nützlich, im zweiten dagegen schädlich sind. Der besondere Unterschied gegenüber den Vorgängen bei der Stromwendung von mittleren und größeren Maschinen besteht in der sehr ungleichmäßigen Verteilung des Stromes über die Bürstenfläche, eine Erscheinung, welche mit den von größeren Maschinen bekannten Hilfsmitteln nicht beseitigt werden kann.

Die elektrischen Kleinstmaschinen umfassen einen Bereich, dessen untere Grenze die kleinste praktisch vorkommende Leistung von Bruchteilen eines Watt bildet, und dessen obere, laut VDE 0530 § 85 der R.E.M. für Motoren, durch Angabe einer Nennleistung von 500 W gezogen wird. Zur eindeutigen Kennzeichnung der oberen Grenze sei hier noch hinzugefügt, daß diese Leistung sich auf eine Nenndrehzahl von 1500 U/min beziehen soll. Ein Drehmoment von ⅓ mkg ist somit die größte mechanische Drehungsbeanspruchung von Kleinstmaschinen.

Soweit derartige Maschinen in der bekannten Ausführung mit Stromwender für Betrieb mit Gleichspannung bemessen werden, rechnen sie zu den Gleichstrom-Kleinstmaschinen, welche als Motor, Generator und als Umformer in der Technik vielseitig angewendet werden. Die besonderen Merkmale dieser Gleichstrom-Kleinstmaschinen gegenüber den übrigen größeren Typen sind das schon durch Preisgründe bedingte Fehlen der Wendepole, überhaupt jeder besonderen Hilfsmittel zur Verbesserung der Stromwendung. Eine gute Stromwendung wird hier mit einfacheren Hilfsmitteln erreicht, und es wird die theoretische Behandlung der hier vorliegenden Probleme von derjenigen der übrigen Gleichstrommaschinen abweichen, selbst dann noch, wenn die letzteren zuweilen ohne Wendepole ausgeführt werden sollten.

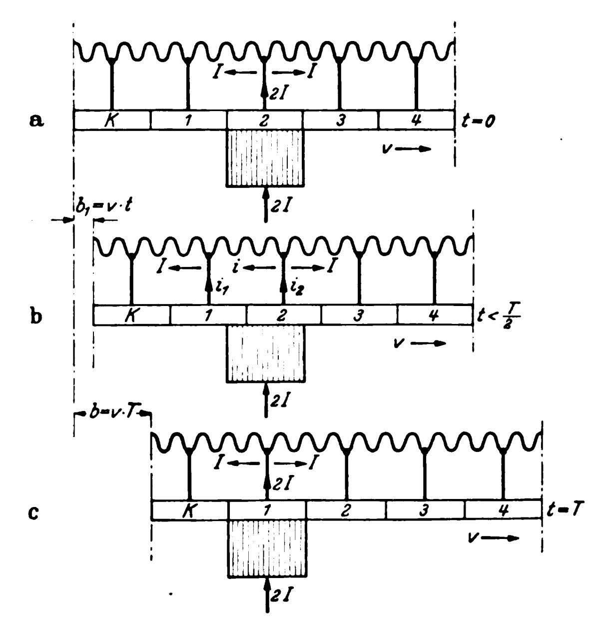
Das gesamte bisher in Lehrbüchern und Zeitschriften schon vor Jahrzehnten und bis heute vermittelte Wissen über das komplizierte Problem der Stromwendung kann nicht unmittelbar auf Kleinstmaschinen angewendet werden. Es liegen hier vielmehr ganz besondere Verhältnisse vor, die zu untersuchen das Ziel der nachfolgenden Ausführungen ist. Diese Betrachtungen bilden auch die Grundlage für die Behandlung der Stromwendung von Kleinstkommutatormotoren, die mit Wechselstrom betrieben werden, da auch dort der äußere Strom an den Bürsten in ähnlicher Weise wie bei Gleichstrom kommutiert, d. h. in seiner Richtung gewendet wird.

Wir untersuchen den Vorgang der Stromwendung an Hand von Abb. 1 für den grundlegenden Fall der sogenannten Einstegbedeckung, die bei der Theorie der Stromwendung den Ausgangspunkt bildet. Es sei zunächst angenommen, daß die Bürste rechteckige Form habe und mit ihren Kanten parallel zur Achse des Stromwenders liege. Abb. 1 gilt für den positiven Pol eines Motors oder für den negativen Pol eines Generators, wenn wir, wie üblich ist, die der Wanderung der negativen Elektronen entgegengesetzte Richtung als Stromrichtung betrachten.

Abb. 1a deutet den Beginn, Abb. 1b den bereits eingetretenen, Abb. 1c den beendeten Kurzschluß der zwischen den Stegen *1* und *2* liegenden Ankerspule an. Der zwischen den Stegen *1* und *2* bei Abb. 1a noch voll vorhandene Leiterstrom I bricht bei Abb. 1b auf den Wert i zusammen, wechselt seine Richtung und hat am Ende zur Zeit T die entgegengesetzte Richtung $-I$ angenommen, wenn wir den vor Beginn der Stromwendung in der Spule $1-2$ fließenden Strom positiv rechnen. Im folgenden sind die verwendeten Bezeichnungen zusammengestellt. Es bedeuten:

- i zeitlich veränderlicher Kurzschlußstrom der Ankerspule,
- I zeitlich konstanter Strom im Ankerzweig,
- i_1, i_2 zeitlich veränderliche Ströme, über Steg *1* bzw. *2* fließend,
- r Übergangswiderstand einer nach Abb. 1a bzw. 1c voll aufliegenden Bürste in Ohm,
- r_1 bzw. r_2 die Teilübergangswiderstände einer Bürste in Ohm,
- γ Verhältnis des Widerstandes der Ankerspule zum Widerstand r der ganzen Bürste, somit also
- $\gamma \cdot r$ den Widerstand einer Ankerspule,
- e im Kurzschlußkreis induzierte, resultierende EMK in Volt,
- t laufende Zeit in Sekunden,
- T Stromwendedauer in Sekunden,
- $x = t/T$ die relative Kurzschlußzeit, also $x = 0$ Beginn, $x = 1$ Ende des Spulenkurzschlusses,
- $y = i/I$ der relative Kurzschlußstrom, also $y = +1$ für Beginn, $x = 0$, $y = -1$ für das Ende $x = 1$ des Kurzschlusses.

Andere noch vorkommende Widerstände, wie derjenige der Lötstellen, der Verbindungen zwischen Spule und Stromwendersteg, werden als klein vernachlässigt.



a Beginn der Stromwendung in Spule *1—2*
b Spule *1—2* im Kurzschluß
c Spule *1—2* nach dem Kurzschluß
v Stromwender-Umfangsgeschwindigkeit

Abb. 1. Vorgang bei der Stromwendung.

Die beiden Kirchhoffschen Gesetze ergeben an Hand der Abb. 1:

$$\left.\begin{aligned} i_1 r_1 - i\gamma r - i_2 r_2 &= e \\ i_1 = I - i, \quad i_2 &= I + i\,. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Die veränderlichen Widerstände r_1 bzw. r_2 verhalten sich bei rechteckiger Bürstenform zum Gesamtwiderstand r

Digitized by Google

umgekehrt wie die Berühungsflächen, woraus folgt, daß also

$$\frac{r_1}{r} = \frac{T}{t}, \quad r_1 = r\frac{T}{t}, \quad \frac{r_2}{r} = \frac{T}{T-t}, \quad r_2 = r\frac{T}{T-t}$$

sein müssen. Von einer Abhängigkeit dieser Widerstände von der Stromdichte und von anderen Größen sei vorläufig abgesehen.

Durch Einsetzen dieser Werte und von $t/T = x$ in Gl. (1) erhält man

$$(I-i)\frac{r}{x} - i\gamma r - \frac{(I+i)\,r}{1-x} = e\,.$$

Trennt man durch einfache algebraische Umformung die veränderlichen Größen i und x und löst die so erhaltene Gleichung nach x auf, so ergibt sich

$$i = \frac{e\,x - e\,x^2 + 2\,I\,r\,x - I\,r}{r\,(\gamma\,x^2 - \gamma\,x - 1)}\,.$$

Dividiert man noch links und rechts durch den Leiterstrom I und führt dadurch $y = i/I$ den relativen Kurzschlußstrom als reinen Zahlenwert ein, so erhält man

$$y = \frac{e\,x - e\,x^2 + 2\,I\,r\,x - I\,r}{I\,r\,(\gamma\,x^2 - \gamma\,x - 1)}\,. \tag{2}$$

Darin bedeutet e die im Kurzschlußkreis wirksame resultierende Spannung, die sich gewöhnlich aus einer durch Rotation im äußeren Feld erzeugten EMK der Bewegung und der durch die Flußänderung des Eigenfeldes der kurzgeschlossenen Spulen hervorgerufenen EMK der Selbstinduktion zusammensetzt.

Wir nehmen zunächst beide Spannungen gleich Null an, betrachten also vorläufig nur die sogenannte Widerstandsstromwendung, die uns hier schon sehr wichtige Aufschlüsse geben wird. Für $e = 0$ wird

$$y = \frac{2\,x - 1}{\gamma\,x^2 - \gamma\,x - 1}\,. \tag{3}$$

Für $\gamma = 0$, also vernachlässigbar kleinen Widerstand der Ankerspule, vereinfacht sich Gl. (3) in

$$y = -2\,x + 1\,. \tag{4}$$

Gl. (4) gibt also den Sonderfall der geradlinigen Stromwendung wieder, der bei allen bisherigen Theorien über die Stromwendung der Ausgangspunkt aller Betrachtungen ist. Bei den Gleichstrom-Kleinstmaschinen liegt nun der Fall so, daß das Verhältnis γ zwischen Spulenwiderstand und Bürstenübergangswiderstand so große Werte annimmt, daß Gl. (4) für die Betrachtung ausscheidet und Gl. (3) an Stelle von Gl. (4) tritt.

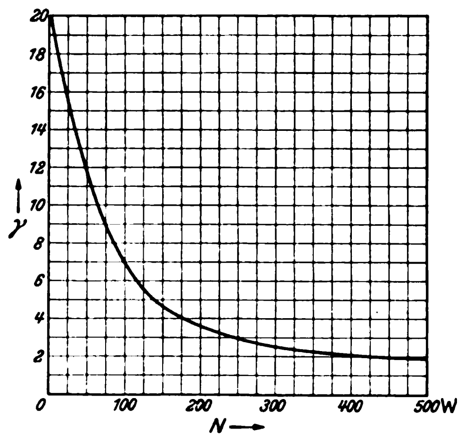


Abb. 2. γ als Funktion der Motorleistung N bei 1500 U/min.

Wie Abb. 2 für gut ausgenutzte normale Motoren von 220 V und 1500 U/min zeigt, ändert sich γ etwa zwischen 20 und 2, wobei der erstere Wert etwa für einen Motor von 1 W, der letztere für den größten Kleinstmotor von 500 W, beide bezogen auf etwa 1500 U/min, gilt. Der Einfluß des Spulenwiderstandes ist also für die Stromwendung der Gleichstrom-Kleinstmaschinen sehr bedeutungsvoll.

Abb. 3 zeigt die Abhängigkeit $y = f\,(x)$ zwischen relativem Kurzschlußstrom y und relativer Kurzschlußzeit x für die drei Werte $\gamma = 2$, 7 und 20, denen nach Abb. 2 etwa eine Motorleistung von 500, 100 und 1 W entspricht. Man erkennt daraus, daß die Abweichung von der Geraden

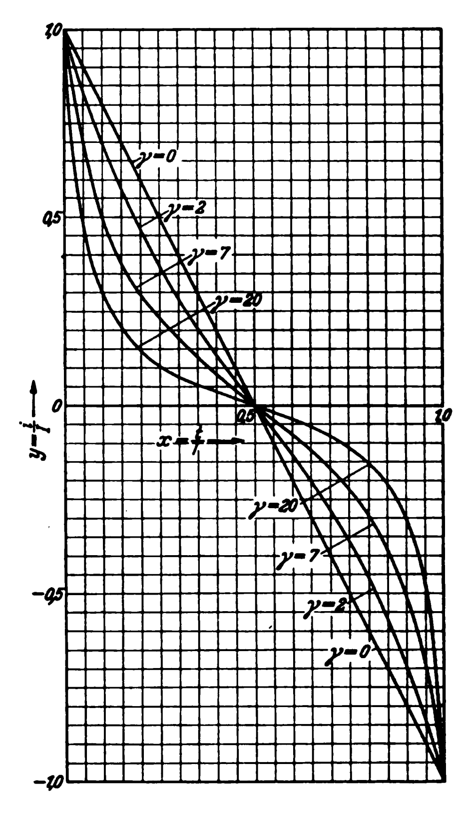


Abb. 3. Kurzschlußstromkurven $y = f\,(x)$ für $e = 0$, $\gamma = 2, 7, 20$ bei rechteckiger Bürste.

schon bei $\gamma = 7$ so groß ist, daß von einer geradlinigen Stromwendung keine Rede mehr sein kann. Ein angenähertes Bild der Vorgänge bei der Widerstands-Stromwendung gibt Abb. 4, aus der ersichtlich ist, daß die relative Stromwendedauer aus drei Zeitabschnitten, einer schnellen geradlinigen Abfallzeit x_1 des Kurzschluß-

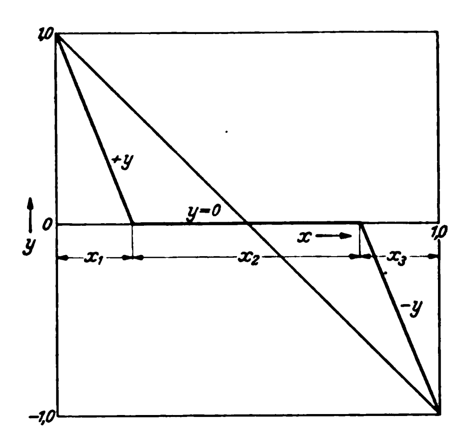


Abb. 4. Ersatzdiagramm für die Widerstands-Stromwendung bei Gleichstrom-Kleinstmaschinen.

stromes auf Null, einer relativ langen Zeitspanne x_2, für die $y = 0$ gesetzt werden kann, und einer kurzen Zeit x_3 für die geradlinige Umkehrung des Stromes auf seinen negativen Relativwert $y = -1$ besteht.

Die physikalisch gut diskutierbare Abb. 4 ist also für Kleinstmaschinen an Stelle des stetigen geradlinigen

Digitized by Google

Überganges bei mittleren und größeren Maschinen zu setzen. Diese lange mittlere, träge Zone hat zur Folge, daß die Stromdichte in der mittleren Auflagefläche der Bürste fast Null, an beiden Kanten dagegen sehr groß wird. Dadurch erklärt sich die praktisch oft beobachtete Tatsache, daß die Bürste von außen wegsprüht und für den Fall reiner Widerstands-Stromwendung beide Kanten, sowohl die auflaufende als auch die ablaufende Bürstenkante, nach längerer Betriebszeit stärker abgenutzt aussehen als der mittlere Teil der Bürste.

Die bisher betrachtete Widerstands-Stromwendung liegt vor, wenn $e = 0$ ist, was, wie bekannt, durch Verschieben der Bürsten gegen den Motordrehsinn in ein äußeres Feld Null erreicht wird, wenn durch Sehnung der Ankerwicklung und Spaltung der Spulenwindungen in zwei Hälften an den Stirnverbindungen außerdem die EMK der Selbstinduktion möglichst klein gehalten werden kann.

Bei dem für Kleinstmaschinen in Frage kommenden Strombelag von im Mittel etwa 100 A/cm ist der Einfluß der Selbstinduktion zumal bei Anwendung der bereits erwähnten Hilfsmittel zu ihrer Verkleinerung nicht von der Bedeutung wie bei Mittel- und Großmaschinen. An Hand von Abb. 4 können wir jedenfalls ihren Einfluß übersehen. Der steile Abfall des Stromes im Bereich x_1 wird verzögert, die Selbstinduktion wirkt also an der auflaufenden Kante günstig, d. h. im Sinne einer Annäherung an die nach Gl. (4) gegebenen Gerade. Die Wirkung der Selbstinduktion ist in der trägen mittleren Zone praktisch Null, dagegen in der dritten Zone schädlich insofern, als die Stromdichte an der ablaufenden Kante durch die verzögernde Wirkung der Selbstinduktion noch weiter erhöht, die ablaufende Kante also stärker beansprucht wird. Durch die bekannte Tatsache, daß mit wachsender Stromdichte der Übergangswiderstand kleiner wird, die Übergangsspannung also angenähert unabhängig von der Belastung bzw. Stromdichte ist, müßten r_1 bzw. r_2 am Anfang und Ende kleiner sein wie die Rechnung mit konstantem, von der Stromdichte unabhängigem r ergibt. Das konstante Verhältnis γ wäre demnach bei genauerer Rechnung für die Zeitspannen x_1 und x_3 größer zu berücksichtigen, wodurch die Kurven in Abb. 3 noch mehr von den Geraden abweichen und die Stromdichten an den Kanten noch weiter vergrößert würden.

Um möglichst genau die nach Gl. (4) gegebene geradlinige Stromwendung zu erhalten, müßte man an der auflaufenden Bürstenkante ein Wendefeld schaffen, welches bei Stromwendebeginn eine der EMK der Selbstinduktion gleichgerichtete EMK erzeugt, die in der Mitte ($x = 0{,}5$) Null wird und in der zweiten Stromwendehälfte ihre Richtung wechselt zum Zwecke der Beschleunigung der Stromwendung. Theoretisch wäre die Herstellung eines Wendefeldes zur Erreichung von Gl. (4) als geradlinige Stromwendekurve denkbar, praktisch aber zu kostspielig.

Die Verschiebung der Bürsten über den Nullwert des äußeren Feldes hinaus in ein sogenanntes nützliches Wendefeld ist bei Kleinstmaschinen von sehr fraglichem Nutzen, wie das in Abb. 5 für $\gamma = 20$ gezeichnete Beispiel zeigt.

Die beiden Kurven c und d der Abb. 5 gelten beide für $\gamma = 20$, wobei der Verlauf nach Kurve c durch eine dauernd beschleunigende EMK erhalten wird, wie diese durch Verschieben der Bürsten über den Nullwert hinaus in ein über die Bürstenbreite konstantes Wendefeld erhalten wird, während Kurve d sich bei Stehenlassen der Bürsten in der geometrisch neutralen Zone ergibt, da hier das die Stromwendung verzögernde Ankerquerfeld auftritt. Nach Gl. (1) ist an Hand von Abb. 1 ein positiver Wert von e im Sinne von i_1 im Kurzschlußstromkreis anzunehmen. Diese EMK, hier $e = +2{,}5$ V angenommen, sucht i aufzuheben und beschleunigt die Stromwendung nach Abb. 5, Kurve c, während $e = -2{,}5$ V die verzögerte Stromwendung im Ankerquerfeld nach Kurve d der Abb. 5 ergibt. Abb. 5 entspricht den beim praktisch kleinsten Gleichstrommotor von etwa 1 W Leistung bei 1500 U/min vorliegenden Verhältnissen. Bleiben die Bürsten in der neutralen Zone stehen, so kann im Bereich $\gamma = 5$ bis 20 mit einer Querfeldinduktion von etwa 500 Gauß in der geometrisch neutralen Zone gerechnet werden, wie vom Verfasser angestellte Nachrechnungen ergeben haben. Mit diesem Anhaltswert lassen sich bei gegebener Ankerwicklung die Querfeldspannung (in Abb. 5, $e = -2{,}5$ V) überschlägig berechnen und an Hand von Gl. (2) der Verlauf des Kurzschlußstromes bei Stehenlassen der Bürsten in der geometrisch neutralen Zone bestimmen.

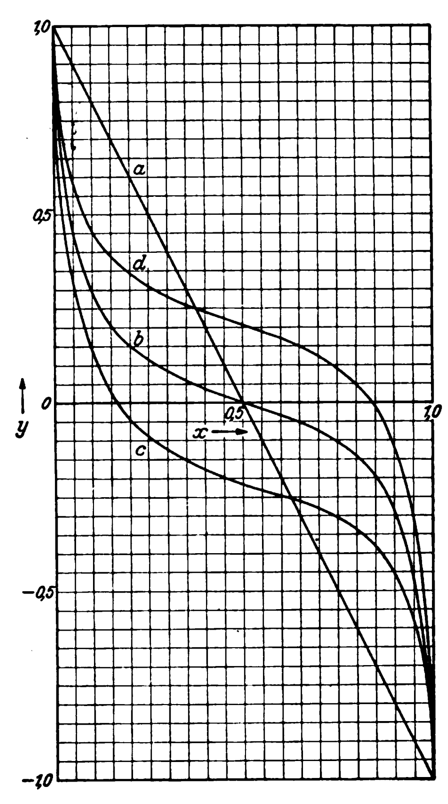


Abb. 5. Kurzschlußstromkurven $y = f(x)$ für: a) $\gamma = 0, e = 0$, b) $\gamma = 20, e = 0$, c) $\gamma = 20, e = +2{,}5$ V, d) $\gamma = 20, e = -2{,}5$ V bei rechteckiger Bürste.

Die Betrachtung von Abb. 5 zeigt, daß jedenfalls bei ganz kleinen Motoren (bis etwa 100 W) eine Verschiebung der Bürsten keine wesentliche Entlastung der Bürstenkanten bringt, da alle Kurven steil beginnen und steil endigen und der Charakter der Stromwendekurven durch Bürstenverschiebung über die neutrale Zone hinaus (Kurve c) sich nicht nennenswert verbessert. Der diesen Motoren oft angeheftete Nachteil umständlicher Bedienung durch ständige Bürstenverschiebung fällt in Wahrheit nicht sehr ins Gewicht.

Zum Zwecke der Materialersparnis sollte man bei allen Kleinstmaschinen die Anwendung der Wendepole, auch weniger als Hauptpole, vermeiden, da es immer möglich ist, einen billigeren Entwurf mit gleich guten elektrischen Eigenschaften ohne Wendepole zu schaffen. Wendepole sind angebracht für alle Maschinen, bei denen $\gamma < 2$ ist, deren Widerstandsstromwendung sich also um die Gerade der Gl. (4) herum abspielt. Ihre zweckmäßige Anwendung beginnt also erst bei Überschreitung der durch § 85 der R.E.M. für Kleinstmaschinen festgelegten oberen Grenzleistung von 500 W.

Die bisherigen, auf die Einstegbedeckung beschränkten Betrachtungen haben gezeigt, daß eine gleichmäßige Stromdichte[1]), wie diese sich bei einem geradlinigen Verlauf $y = f(x)$ nach Gl. (4) ergeben würde, und wie sie bei größeren Maschinen auch erreichbar ist, bei

[1]) Bezüglich einer ausführlichen allgemeinen Theorie der Stromwendung sei hier auf S. 388 ff. vom Bd. I des Lehrbuches „Elektrische Maschinen" von Rudolf Richter verwiesen.

Digitized by Google

Kleinstmaschinen nicht vorliegt, und daß wenigstens bei Motoren unter 100 W weder Bürstenverschiebung noch Wendepole hierzu nennenswert beitragen.

Es bleibt nun noch ein Mittel zu untersuchen zur Vergleichmäßigung der Stromdichte und zur Verschmälerung der trägen Zone x_2 der Abb. 4, nämlich die Änderung der Werte r_1 bzw. r_2 durch Wahl einer von der Rechteckform abweichenden Bürste. Es geht aus Abb. 3 hervor, daß die Ursache des steilen Abfalls von i auf ein zu rasch fallendes r_1 zurückzuführen ist. Der Strom $i_1 = I - i$ müßte langsam abfallen, was vielleicht durch Wahl einer von der Rechteckform abweichenden Bürste erreicht werden könnte, da die Flächenstreifen sich hierbei der Größe nach ändern, während sie bei rechteckiger Form konstant bleiben[2]).

Für die Bürste mit dreieckigem, von der Spitze auflaufendem Querschnitt soll nachfolgend die Widerstandsstromwendung rechnerisch untersucht werden. Eine einfache, hier weggelassene Überlegung mit Hilfe der Lehrsätze über ähnliche Dreiecke zeigt, daß die beiden Widerstände r_1 und r_2 in Gl. (1) sich ausdrücken lassen durch

$$r_1 = \frac{r}{x^2}, \quad r_2 = \frac{r}{1 - x^2},$$

während bei rechteckiger Bürstenfläche die erste Potenz von x in diesen Formeln auftrat. Durch Einsetzen dieser Werte in Gl. (1) erhalten wir im Fall der Widerstandsstromwendung mit $e = 0$ die folgende Beziehung:

$$(I - i)\frac{r}{x^2} - i\,\gamma\,r - \frac{(I + i)\,r}{1 - x^2} = 0 .$$

Unter Einführung des relativen Kurzschlußstromes $y = i/I$, also Einsetzen von $i = y\,I$, erhalten wir, wenn wir noch links und rechts durch $I\,r$ dividieren:

$$\frac{1 - y}{x^2} - \gamma\,y - \frac{1 + y}{1 - x^2} = 0$$

als implizite Funktion $F(x, y) = 0$, deren Auflösung die folgende Beziehung liefert:

$$y = \frac{2\,x^2 - 1}{\gamma\,x^4 - \gamma\,x^2 - 1} . \tag{5}$$

Diese Funktion tritt bei dreieckigem Bürstenquerschnitt und punktförmigem Beginn der Berührung von Steg *1* in Abb. 1 b an die Stelle von Gl. (3). Setzen wir in Gl. (5) $\gamma = 0$, so folgt

$$y = 2\,x^2 + 1 . \tag{6}$$

An Stelle der geradlinigen Stromwendung nach Gl. (4) bei $\gamma = 0$ und rechteckiger Bürste erhalten wir bei dreieckiger Bürste die Parabelfunktion der Gl. (6).

Abb. 6 zeigt die Kurven der Widerstands-Stromwendung bei dreieckiger, spitz auflaufender Bürste für die vier Werte $\gamma = 0, 2, 7, 20$ entsprechend den in Abb. 3 gezeichneten, für die rechteckigen Bürsten geltenden, Kurven. In der ersten Hälfte der Kurzschlußzeit haben alle 4 Kurven den Charakter der Unterkommutierung; der Nulldurchgang erfolgt bei allen Kurven bei etwa 70 %, der Verlauf am Ende $x = 1$ ist um so steiler, je größer γ ist. Selbstinduktionswirkung und mit zunehmender Stromdichte abnehmender Widerstand r_2, welchem, wie bereits erwähnt, noch ein größerer Wert von γ entspricht, tragen nochmals zur Erhöhung der Stromdichte an der Ablaufkante und zur Entstehung von Abreißfunken bei, so daß also die spitz einlaufende, dreieckige Kohle auf Grund vorstehender theoretischer Erwägungen nicht zu empfehlen ist.

Wir fragen nun nach dem Verlauf $y = f(x)$ für den Fall der dreieckigen Kohle, wobei jedoch als parallel zum Steg auflaufende Kante die breite Seite des Dreiecks gewählt wird, was offenbar auf Kurven vom Charakter der Früh- oder Überkommutierung führen muß. Für diesen Fall ergeben sich für die Widerstände r_1 und r_2 an Hand der Ähnlichkeitssätze von Dreiecken die beiden folgenden Ausdrücke:

$$r_1 = \frac{r}{2\,x - x^2}, \quad r_2 = \frac{r}{(1 - x)^2},$$

[2]) Vgl. B. Walsemann, ETZ 43 (1922) S. 1333.

deren Einsetzen in Gl. (1) und Auflösung, wie sie bisher durchgeführt wurde, auf folgenden Ausdruck führt:

$$y = \frac{4\,x - 2\,x^2 - 1}{\gamma\,x^4 - 4\,\gamma\,x^3 + 5\,\gamma\,x^2 - 2\,\gamma\,x - 1} \tag{7}$$

$\gamma = 0$ gibt hier die Parabelfunktion

$$y = 2\,x^2 - 4\,x + 1 , \tag{8}$$

deren Verlauf Abb. 7 zeigt und welche die bei größeren Maschinen oft erwünschte Kurvenform mit spannungsloser Ablaufkante darstellt. Für andere Werte von γ zeigt Abb. 7 noch die drei Kurven für $\gamma = 2$, 7 und 20, aus denen wieder die träge mittlere Zone erkennbar ist. Von allen durch die bisherigen theoretischen Erörterungen erhaltenen Kurven scheinen trotzdem diejenigen der Abb. 7 die besten zu sein; denn die starke Abnutzung der Ablaufkante ist bei allen Bürsten von Gleichstrom-Kleinstmaschinen deutlich erkennbar, und da die Selbstinduktion an der Ablaufkante im Sinne einer Verzögerung wirkt, ist es gut, wenn die Stromwendung möglichst früh beginnt, um auch früh beendet zu sein.

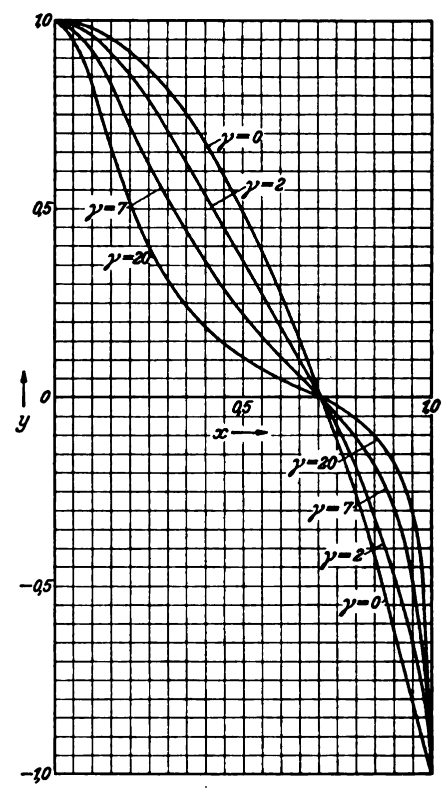


Abb. 6. Kurzschlußstromkurven $y = f(x)$ für $e = 0$, $\gamma = 0, 2, 7, 20$, bei dreieckiger Bürste, Spitze auflaufend.

Die Dreieckbürste wurde hier auch nur gewählt, weil sie der Rechnung zugänglich ist, und stellt sicherlich noch nicht die beste Querschnittform der Kohle dar. Die allgemeine Aufgabe, deren Lösung hier nicht gegeben werden kann, wäre die, für beide Widerstände r_1 bzw. r_2 an Stelle des bisherigen Verlaufs in Abhängigkeit von x einen allgemeinen, also die Funktionen:

$$r_1 = \frac{r}{f(x)}, \quad r_2 = \frac{r}{\varphi(x)}$$

so zu suchen, daß sich dabei für ein bestimmtes γ eine Kurve ähnlich der Parabel der Gl. (8) mit spannungsloser Ablaufkante ergibt. Auch der Nachteil, daß derartige Motoren in zwei verschiedenen Drehrichtungen in bezug auf ihre Stromwendung ein anderes Verhalten zeigen, fiele dabei nicht so sehr ins Gewicht, da Gleichstrom-Kleinstmaschinen, von wenigen Sonderfällen abgesehen, ohnehin meistens nur für eine Drehrichtung bemessen werden. Ob und wieweit diese Aufgabe theoretisch lösbar ist, kann hier nicht gesagt werden. Es möge diese Bemerkung eine Anregung sein, in unseren Forschungsstätten

Digitized by Google

das vorstehend angeschnittene Problem sowohl durch Rechnung als durch Versuch genauer weiterzuverfolgen, um die Stromwendung zu verbessern und die Lebensdauer unserer Kleinstmaschinen mit Stromwender zu verlängern.

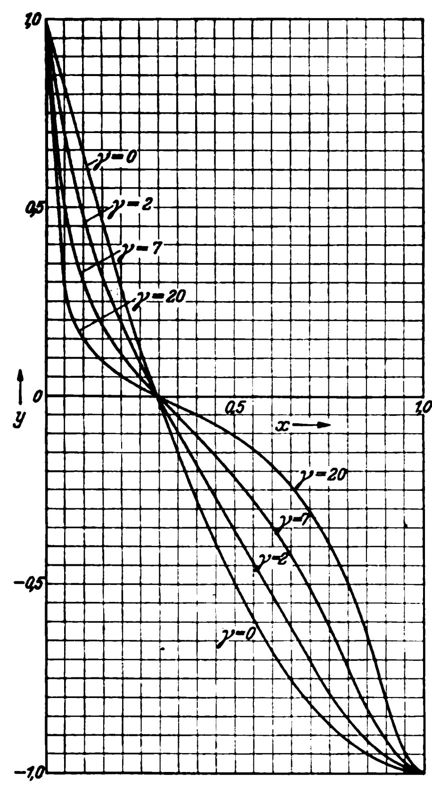


Abb. 7. Kurzschlußstromkurven $y = f(x)$ für $e = 0$, $\gamma = 0, 2, 7, 20$, bei dreieckiger Bürste, breitseitig auflaufend.

Praktisch kommt nun der hier allein behandelte Fall der Einstegbedeckung im Kleinstmaschinenbau nur bei Sondermaschinen vor, während als Normalfall die Zweistegbedeckung anzusehen ist. Da die gesamte Selbstinduktion durch die Beeinflussung der gleichzeitig kurzgeschlossenen Spulen verringert wird, werden die Verhältnisse hier eher günstiger sein. Eine rechnerische Behandlung der Mehrstegbedeckung ist für $\gamma = 0$ zuletzt von Carl Trettin[3]) durchgeführt worden und bietet sehr große Schwierigkeiten. Es leuchtet ein, daß für beliebiges γ diese Schwierigkeiten noch wesentlich größer sein werden und eine mathematische Behandlung wenig Aussicht auf Erfolg verspricht, wenn es dabei nicht gelingen sollte, wie in den vorstehenden Betrachtungen durch teilweise recht große Vernachlässigungen geschehen ist, den Kern freizulegen und der physikalischen Betrachtung zugänglich zu machen. Daß trotz des vorliegenden umfangreichen Schrifttums die Frage der Stromwendung noch keineswegs als erschöpft behandelt anzusehen ist, wurde nach vielen anderen auch durch die vorstehende kurze Abhandlung gezeigt.

[3]) C. Trettin, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 12 (1933) H. 2, S. 34.

Zusammenfassung.

Ausgehend von den Kirchhoffschen Gesetzen wird unter Berücksichtigung des Widerstandes der Ankerspule und des Bürstenübergangswiderstandes die Gleichung für den Kurzschlußstrom unter Vernachlässigung der Selbstinduktion der kurzgeschlossenen Spulen aufgestellt, wobei eine über die Kurzschlußzeit konstante EMK im Kurzschlußkreis wirksam sein soll. Das Verhältnis γ zwischen Spulenwiderstand und totalem Übergangswiderstand der Bürste ist von entscheidendem Einfluß auf die Stromwendung und wird in Abb. 2 in Abhängigkeit von der Motorleistung angegeben. Abb. 3 zeigt die Kurven für die reine Widerstandsstromwendung, aus denen ersichtlich ist, daß der geradlinige Verlauf bei $\gamma = 0$, d. h. vernachlässigtem Spulenwiderstand, durch S-förmige Kurven bei beliebigen Werten von γ ersetzt wird. Der Charakter der Kurven ändert sich, wie Abb. 5 zeigt, nicht, wenn im Kurzschlußkreis eine konstante EMK wirkt, die durch das Ankerquerfeld bei Stellung der Bürsten in der neutralen Zone bzw. durch ein nützliches Wendefeld bei Bürstenverschiebung gegen den Motordrehsinn hervorgerufen werden kann. In allen Fällen zeigt sich, ähnlich wie in Abb. 4, ein steiler Abfall des Stromes an der auflaufenden Bürstenkante, eine träge mittlere Stromwendezone und ein steiler Anstieg auf den negativen Wert des Kurzschlußstromes am Ende des Spulenkurzschlusses.

Der Versuch, die Form dieser Stromwendekurven durch Wahl einer von der Rechteckfläche abweichenden Querschnittsform zu verbessern, wird an Hand von Abb. 6 und 7 mit einer Bürste von dreieckförmigem Querschnitt durch Rechnung angestellt, wobei sich je nach der Drehrichtung Kurven vom Charakter der Unter- bzw. Überkommutierung ergeben, deren Verlauf sich vielleicht durch Wahl einer anderen Querschnittsform der Bürste noch verbessern lassen würde.

Die Grundlagen der lichttechnischen Durchbildung von Leuchten.

Von A. Pahl, Berlin.

DK 628. 95 : 621. 32

Übersicht. Der Aufsatz behandelt nach einer einleitenden und allgemeinverständlichen Betrachtung über die Lichtquellen die wichtigsten Grundsätze für die lichttechnische Durchbildung von Leuchten je nach der zu lösenden Beleuchtungsaufgabe.

Die Lichtquellen.

Für die praktische Lichttechnik stehen bekanntlich Temperaturstrahler (Glühlampen) und Entladungslampen (Quecksilber- und Natriumdampflampen) zur Verfügung. Die Lichtausbeute der größeren Glühlampeneinheiten beträgt je nach ihrer Größe etwa 15 bis 21 lm/W, diejenige der Quecksilberdampflampen 44 bis 49 lm/W, während Natriumdampflampen 62 bis 78 lm/W am Rohr erzeugen und damit am wirtschaftlichsten arbeiten (Abb. 1). Das Glühlampenlicht setzt sich aus allen Farben zusammen, wie sie auch, allerdings in anderer spektraler Energieverteilung, im natürlichen Tageslicht enthalten sind. Deshalb können Körperfarben bei Glühlampenlicht entsprechend naturgetreu wahrgenommen werden. Die Zusammensetzung des Lichtes der Metalldampflampen ist wesentlich anders. Im Quecksilberlicht sind rote Strahlen überhaupt nicht enthalten, so daß rote Körperfarben auch nicht sichtbar werden. Die Natriumlampe strahlt nur gelbes Licht in einer Spektrallinie aus, so daß andere Körperfarben unsichtbar sind. Die Betrachtung der Lichtfarbe ist deshalb von Bedeutung, weil man z. B. in Verkaufsräumen, in denen alle Farben gut gesehen werden müssen, niemals einfarbiges oder aus wenigen Farben zusammengesetztes Licht verwenden kann.

Digitized by Google

Die Lichtverteilung der Lichtquellen.

Die Lichtquellen haben eine bestimmte Eigenlichtverteilung, welche durch den Aufbau der Leuchtsysteme bedingt ist (Abb. 2). Die höchsten Lichtstärken sind immer senkrecht zur größten Ausdehnung der Leuchtsysteme vorhanden. Es muß nun untersucht werden, ob die Lösung einer vorliegenden Beleuchtungsaufgabe durch die Eigenlichtverteilung der vorgesehenen Lichtquelle möglich ist. Wenn dies zutrifft, braucht die Lichtquelle nur durch ein geeignetes lichtdurchlässiges Streumittel abgeschirmt werden, um störende Blendung zu beseitigen. In den meisten Fällen ist jedoch eine weitgehende Änderung der Lichtverteilung erforderlich. Dies bedingt eine wohlüberlegte Anwendung der vorhandenen lichttechnischen Baustoffe, deren lichttechnische Eigenschaften sehr stark voneinander abweichen.

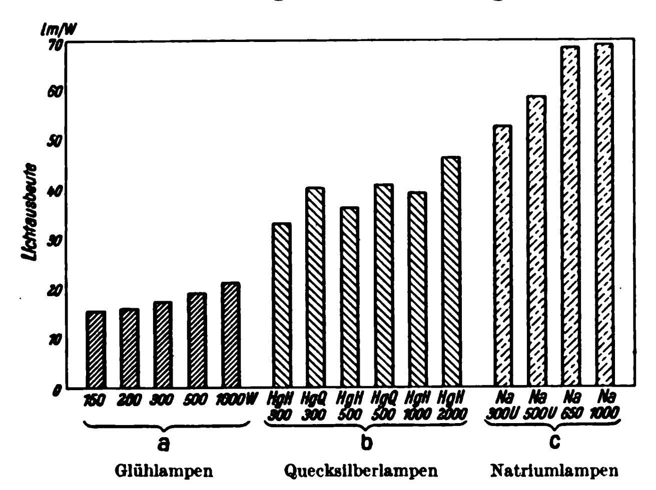
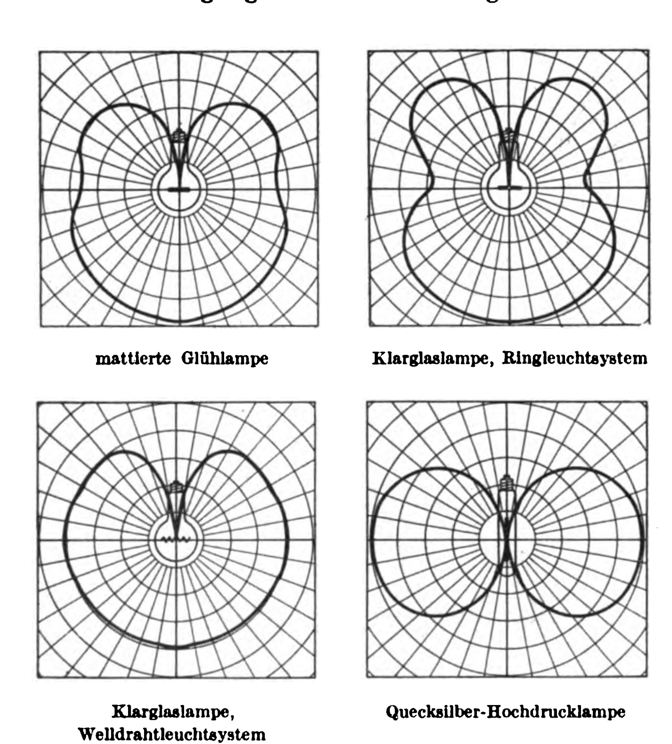


Abb. 1. Lichtausbeute von Lichtquellen.



mattierte Glühlampe — Klarglaslampe, Ringleuchtsystem

Klarglaslampe, Welldrahtleuchtsystem — Quecksilber-Hochdrucklampe

Abb. 2. Lichtverteilung verschiedener Lichtquellen.

Die Brennlage der Lichtquellen.

Bei der Umformung der Lichtverteilung muß auch die zulässige Brennlage der Lichtquellen berücksichtigt werden. Während für normale Glühlampen jede Brennlage zugelassen wird, ist diese z. B. für Scheinwerferlampen mehr oder weniger begrenzt. Je nach zulässiger Brennlage und erforderlicher Strahlungsrichtung muß jeweils ein anderer Teil der Eigenlichtverteilung der Lichtquelle umgeformt werden. Hierbei muß nach Möglichkeit darauf geachtet werden, daß eine Lampenlage gewählt wird, welche die Eigenlichtverteilung für die beabsichtigte Ausstrahlung ausnutzt. Je stärker der Anteil der direkten Lichtquellenstrahlung ist, desto weniger Licht braucht umgelenkt zu werden. Dies ist vorteilhaft, weil jede Lichtumlenkung Verluste mit sich bringt.

Die Lichtstromverteilung.

Je mehr Lichtstrom direkt auf die Gebrauchsebene gestrahlt wird, um so weniger Energie ist zur Erzielung einer bestimmten Beleuchtungsstärke erforderlich. Eine solche Lichtstromverteilung ist allerdings nur dann zweckmäßig, wenn außer der Gebrauchsebene keine anderen Flächen beleuchtet werden sollen. Bei den meisten Aufgaben der Innenbeleuchtung ist eine andere Lichtstromverteilung notwendig. In einem Büro oder Zeichensaal würde eine direkt nach unten strahlende Leuchte störende Hand- und Körperschatten auf den Arbeitsplätzen hervorrufen. Hier ist es zur Erzielung einer weniger starken Schattenbildung zweckmäßig, mehr oder weniger Lichtstrom auf die Raumflächen (Decke und Wände) zu strahlen. Infolge großer Ausdehnung dieser Flächen wird eine allseitige Aufhellung der von einer Lichtquelle oder Leuchte geringer Größe hervorgerufene Schatten bewirkt. Eine Leuchte, die den gesamten Lichtstrom der Lichtquelle gegen die Raumflächen, insbesondere gegen die Decke richtet, ergibt im allgemeinen eine fast schattenlose Beleuchtung.

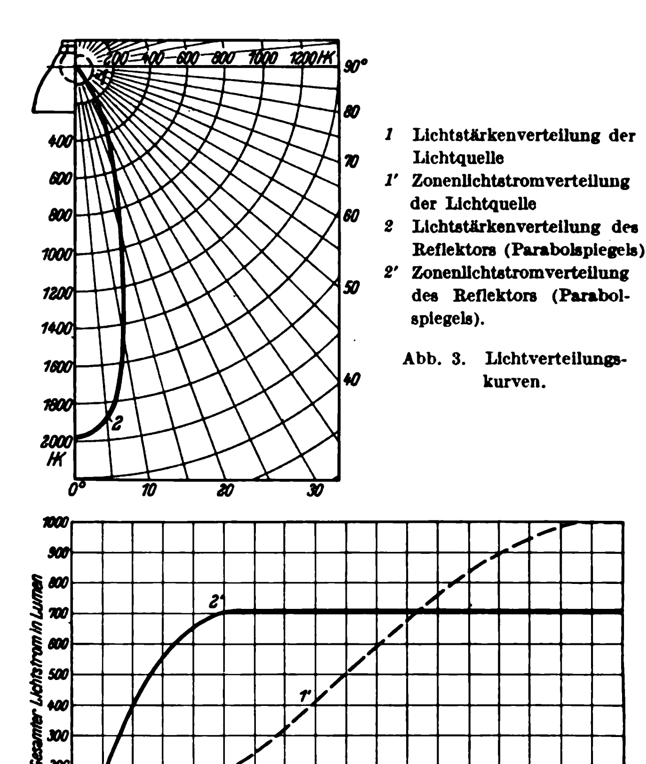


Abb. 3. Lichtverteilungskurven.

Die Lichtstromverteilung nach unten und nach oben gestattet jedoch noch keine endgültige Beurteilung der lichttechnischen Güte einer Leuchte. Von großer Wichtigkeit ist vielmehr auch die Verteilung des Lichtstromes innerhalb der gewählten Ausstrahlungsbereiche.

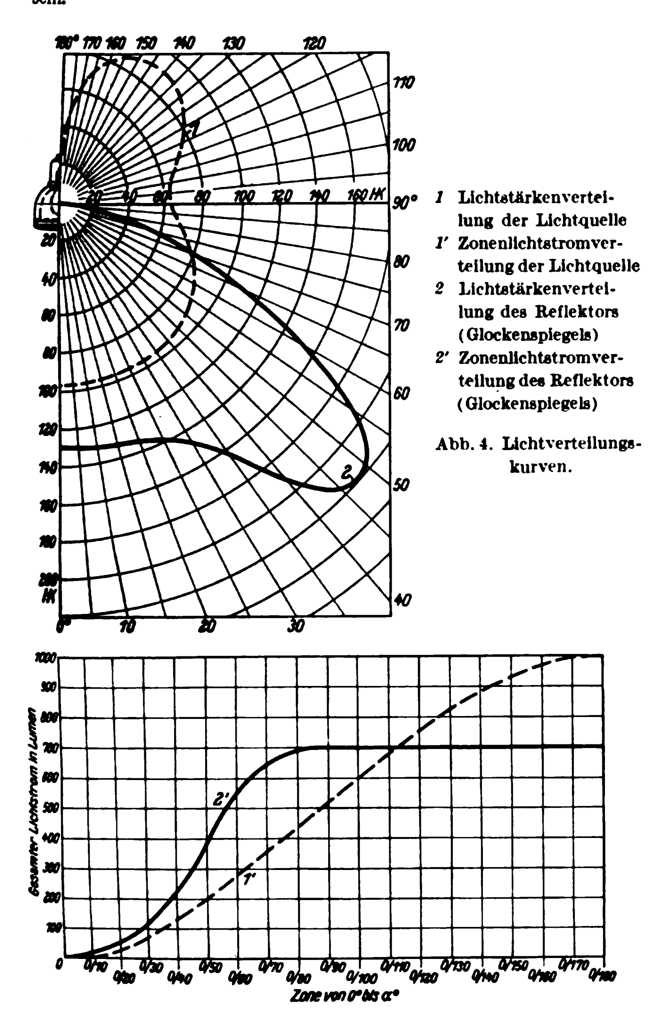
Eine Bewertung der Lichtstromverteilung ist zunächst an Hand der Lichtverteilungskurven möglich. Allerdings gibt diese Kurve an, welche Lichtstärken in Hefnerkerzen

Digitized by Google

in die verschiedenen Richtungen ausgestrahlt werden. Durch Multiplikation der mittleren Lichtstärke, die innerhalb eines bestimmten Raumwinkels vorhanden ist, mit dem Raumwinkel erhält man den Lichtstrom. Hiernach können aus jeder Lichtverteilungskurve Lichtstromverteilungskurven errechnet werden, die gleichzeitig den Gesamtlichtstrom einer Leuchte, d. h. den Leuchtenwirkungsgrad, angeben (Abb. 3).

Die Lichtstärkenverteilung.

Die mit der Lichtstromverteilung also eng zusammenhängende Kurve der Lichtstärkenverteilung ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Projektierung von Beleuchtungsanlagen, wenn es darauf ankommt, z. B. den genauen Verlauf der Bodenbeleuchtung anzugeben. Wird der Lichtstrom einer Lichtquelle durch einen Reflektor in einen kleinen Raumwinkel geworfen, so ergibt sich eine mehr oder weniger scheinwerferartige Lichtverteilung mit sehr hohen Lichtstärken (Abb. 3). Eine solche Leuchte, in geringer Höhe über der Gebrauchsfläche aufgehängt, würde auf einer kleinen Fläche eine sehr hohe Beleuchtungsstärke hervorrufen. Um die Beleuchtung einer ausgedehnten Fläche zu ermöglichen, müßte dieses Gerät in größerer Höhe über der zu beleuchtenden Fläche angeordnet werden. Eine Leuchte mit engem Lichtkegel würde also besonders für schmale, hohe Räume geeignet sein.



1 Lichtstärkenverteilung der Lichtquelle
1' Zonenlichtstromverteilung der Lichtquelle
2 Lichtstärkenverteilung des Reflektors (Glockenspiegels)
2' Zonenlichtstromverteilung des Reflektors (Glockenspiegels)

Abb. 4. Lichtverteilungskurven.

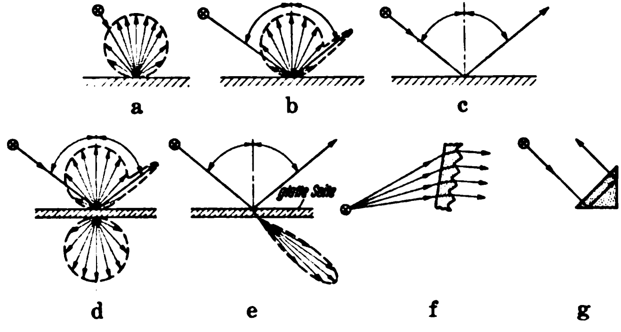
Für die gleichmäßige Beleuchtung großer Flächen aus geringer Lichtpunkthöhe muß immer eine gewisse Breitstrahlung des Lichtstromes verlangt werden. Hierbei ergibt sich eine Lichtstärken-Verteilungskurve, die einen größeren Raumwinkelbereich umfaßt. Wenn auf eine besonders gleichmäßige Beleuchtung großer Flächen Wert gelegt wird, müssen die Lichtstärken in der Leuchtenachse am geringsten sein und unter den größeren Winkeln gegen die Achse ansteigen, um an der Grenze des gewählten Ausstrahlungsbereiches den Lichtstärkenhöchstwert zu erreichen (Abb. 4). Diese Ausstrahlungscharakteristik ist deshalb notwendig, weil die Beleuchtungsstärke auf einer waagerechten Fläche mit dem Quadrat der Entfernung und mit dem Kosinus des Winkels abnimmt, der durch die Strahlungsrichtung und die Senkrechte zu der zu beleuchtenden Fläche gebildet wird.

Im allgemeinen wird eine kreisförmige Tief- oder Breitstrahlung verlangt. Es gibt aber Beleuchtungsaufgaben, deren Lösung eine unsymmetrische Verteilung des Lichtes notwendig macht. Ein Beispiel hierfür ist die Straßenbeleuchtung. Bei den im Verhältnis zur Straßenbreite oft größeren Lichtpunktabständen muß jede Leuchte eine lange schmale Bodenfläche aufhellen. In anderen Fällen können Leuchten nur seitlich der zu beleuchtenden Flächen angeordnet werden, so daß eine einseitige Lichtausstrahlung erforderlich ist.

Alle diese vielseitigen lichttechnischen Anforderungen machen es notwendig, die zur Umformung der Lichtverteilung einer Lichtquelle vorhandenen lichttechnischen Baustoffe sorgfältig unter Berücksichtigung ihrer lichttechnischen Eigenschaften auszuwählen.

Die lichttechnischen Baustoffe.

Für eine weitgehende Änderung der Lichtverteilung werden vor allem lichtundurchlässige, aber gut reflektierende Baustoffe verwendet. Zu den in der Praxis am meisten verwendeten Stoffen zählen die weiße Emaille auf Stahlblech und der Spiegel als versilberter Glasspiegel oder polierter Metallspiegel. Für eine geringere Umformung der Lichtverteilung kommen lichtdurchlässige Stoffe in Frage, und zwar vor allem mattiertes Klarglas und getrübtes Glas (Opalglas).



a mattweißer Reflektor, zerstreute Rückstrahlung
b glänzend weißer Reflektor (Emaille), gemischte Rückstrahlung
c Spiegel, gerichtete Rückstrahlung
d Opalglas, zerstreute Durchlässigkeit
e Mattglas, gerichtete Durchlässigkeit
f Prismen-Klarglas, gebrochene Durchlässigkeit
g Prisma, totale Reflexion

Abb. 5. Lichttechnische Wirkung verschiedener Baustoffe.

Die lichttechnische Wirkung dieser Baustoffe zeigt Abb. 5. Bei jeweils gleicher Auftreffrichtung eines Lichtstrahles ergeben sich verschiedene Arten der Reflexion und Durchlässigkeit. Mattweiße Reflektoren bewirken eine völlig zerstreute Rückstrahlung des auftreffenden Lichtes, wobei der Höchstwert der Reflexion senkrecht zum Flächenelement vorhanden ist. Bei weißen Reflektoren mit glänzender Oberfläche (weiße Emaille) ergibt sich außer der zerstreuten Rückstrahlung eine gewisse Spiegelung nach dem Gesetz der regelmäßigen Rückstrahlung, wie sie ein Spiegelreflektor aufweist. Lichtdurchlässige Baustoffe, insbesondere die verschiedenen Gläser, zeigen je nach Trübungsgrad (Opalglas) eine mehr oder weniger zerstreute Durchlässigkeit und Rückstrahlung, während klare Gläser mit aufgerauhter Oberfläche (Mattglas, Feinkornstreuglas u. a.) die Richtung des Lichtes im wesentlichen bestehen lassen und es nur wenig streuen. Eine Änderung der Lichtrichtung kann

Digitized by Google

auch dadurch erzielt werden, daß man die Brechungseigenschaften von Glas ausnutzt (Prismenklarglas). Ferner eignet sich die totale Reflexion eines rechtwinkligen Prismas zur Lichtumlenkung ähnlich derjenigen eines Spiegels. — Je stärker die Streuwirkung eines lichttechnischen Baustoffes ist, desto geringere Möglichkeiten der Lichtlenkung sind vorhanden. Außerdem muß bei Verwendung dieser Stoffe zur Abschirmung von Lichtquellen mit höheren Verlusten infolge nicht kontrollierbarer Fehlstrahlung gerechnet werden.

Die Lichtverteilung verschiedener Reflektoren.

Die Auswirkung der lichttechnischen Eigenschaften undurchlässiger Baustoffe, und zwar der weißen Emaille und des Spiegels, ist in Abb. 6 dargestellt. Hierbei sind

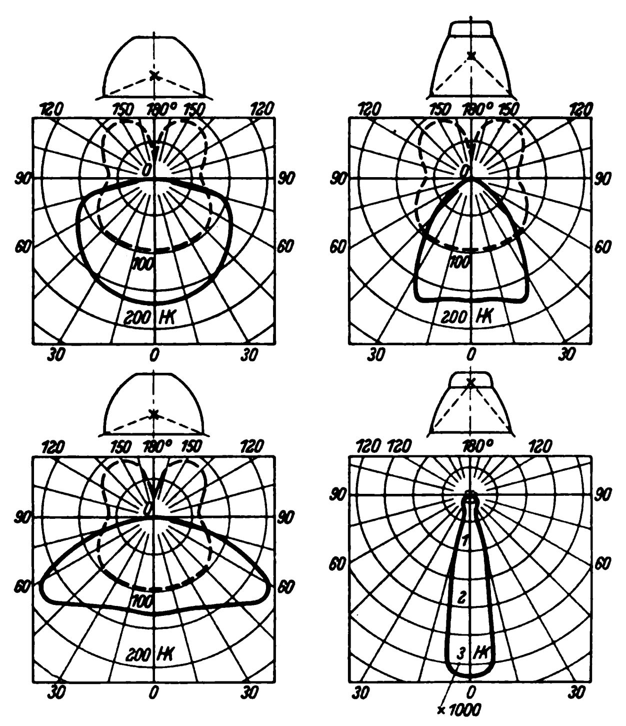


Abb. 6. Lichtverteilung von Emaille- und Spiegelreflektoren etwa gleicher Form.

annähernd gleiche Reflektorformen (Glocken- und Kegelform) und gleiche Glühlampeneinstellungen im Reflektor zugrunde gelegt. Der zerstreut reflektierende Emaillereflektor ermöglicht trotz verschiedener Formgebung keine so weitgehende Beeinflussung der Lichtverteilung wie der Spiegelreflektor. Die Lichtverteilung der üblichen Emaillereflektoren ist aber so, daß mit ihnen die meisten Aufgaben der Industriebeleuchtung gelöst werden können. Der Spiegelreflektor ist vor allem für Beleuchtungsaufgaben zweckmäßig, die z. B. eine ausgeprägte Breitstrahlung oder scheinwerferartige Lichtverteilung verlangen.

Die Reflektorkonstruktion.

Aus den oben angeführten Gründen und Vergleichen ist über die Konstruktion von Emaillereflektoren nichts Bemerkenswertes zu sagen. Eine Ausstrahlungsbegrenzung kann nur dadurch erreicht werden, daß die Lichtquelle mehr oder weniger weitgehend umfaßt wird.

Inwieweit der Spiegelreflektor eine willkürliche Lichtlenkung ermöglicht, hängt sehr eng mit der vorgesehenen Lichtquelle zusammen. Der Spiegelreflektor ist ein optisches Element. Genaue optische Konstruktionen sind aber nur für punktförmige Lichtquellen möglich. Jede Ausdehnung der Lichtquelle verursacht wesentliche Veränderungen der beabsichtigten Lichtverteilung. Welche Bedeutung die Größe der Lichtquelle für die lichttechnische Wirkung z. B. eines Parabolspiegels hat, geht aus Abb. 7 hervor. Eine im Brennpunkt des Parabolspiegels angeordnete Lichtquelle von der Größe L_1 ergibt infolge des durch ihre Ausdehnung bedingten Eigenstreuwinkels α_1, dem der Streuwinkel des reflektierten Lichtes entspricht, eine Lichtstärke I_1. Diese ist viermal so groß wie die von einem Leuchtsystem doppelter Größe L_2 ($L_2 = 2\,L_1$), aber gleicher Lichtleistung erzeugte Lichtstärke I_2, weil der Lichtstrom infolge der Leuchtkörperausdehnung in einen größeren Streuwinkel α_2 reflektiert wird. (Bei

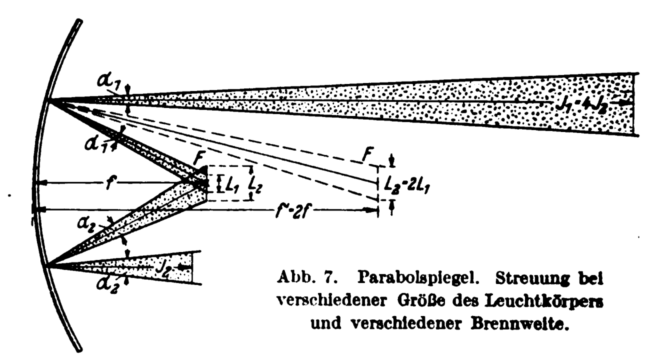


Abb. 7. Parabolspiegel. Streuung bei verschiedener Größe des Leuchtkörpers und verschiedener Brennweite.

diesem Vergleich ist vorausgesetzt, daß in die Winkel α_1 und α_2 gleiche Lichtströme strahlen.) Soll mit der Lichtquelle von der Ausdehnung L_2 ein Streuwinkel von der Größe α_1 erzielt werden, so wäre es notwendig, für diese einen Spiegel doppelter Brennweite ($f' = 2\,f$) zu verwenden.

Spiegelarten.

In der Spiegellichttechnik haben die Spiegelarten nach Abb. 8 besondere Bedeutung. Flache Parabolspiegel mit größerer Brennweite und geringerer Streuung werden vor allem für Scheinwerfer verwendet, während tiefe Parabolspiegel, die aus mehreren Zonen geringerer Brennweite zusammengesetzt sind, dafür aber einen größeren Teil der Lichtquelle umfassen, für Anstrahlgeräte größerer Streuung (je geringer die Brennweite, desto größere Streuung) benutzt werden. Bei einem Kugelspiegel mit im Mittelpunkt angeordneter Lichtquelle kreuzen sich die reflektierten Lichtstrahlen wieder im Leuchtsystem. Er ermöglicht theoretisch nur ein Herunterklappen der vom Spiegel umfaßten Lichtverteilungskurve nach unten. Anwendung findet dieser Spiegel insbesondere für Bühnenbeleuchtungsgeräte und zur Ausnutzung des direkten Lichtes bei Scheinwerfern durch Rückstrahlung auf den Hauptspiegel.

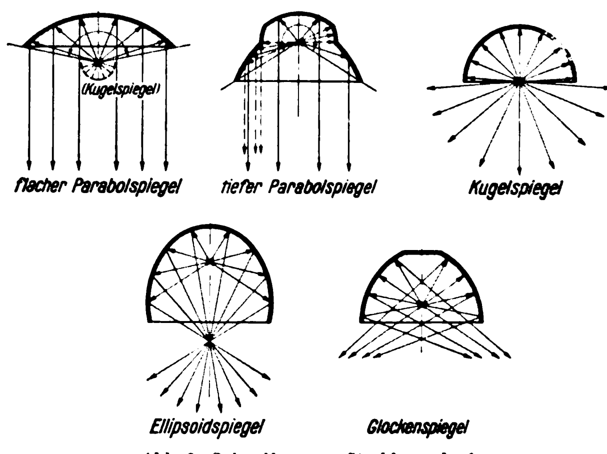


Abb. 8. Spiegelformen. Strahlenverlauf.

Ellipsoidspiegel, bei denen alles Licht der in dem einen Brennpunkt befindlichen Lichtquelle durch den zweiten Brennpunkt gestrahlt wird, sind dann besonders geeignet, wenn möglichst viel Licht durch kleine Öffnungen gelenkt werden soll. Glockenspiegel, die keine durch ein mathematisches Gesetz definierbare Form darstellen, sondern aus parabolischen Zonen mit gegeneinander geneigten Achsen bestehen, bewirken meistens eine aus-

Digitized by Google

geprägte Breitstrahlung des Lichtes zur gleichmäßigen Beleuchtung großer Flächen.

Alle diese Spiegel ergeben eine kreisförmige Lichtverteilung. Für eine unsymmetrische z. B. bandförmige

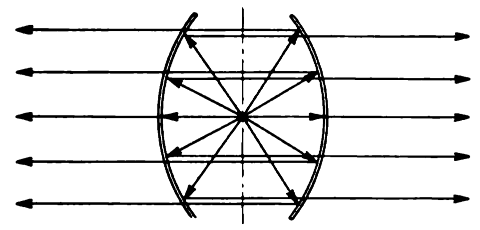


Abb. 9. Zwei Parabolspiegelausschnitte gegenübergestellt.

Lichtverteilung ist eine besondere Bauart des Parabolspiegels geeignet. Ordnet man zwei Parabolspiegelhälften oder Ausschnitte symmetrisch so an, daß ihre Brennpunkte zusammenfallen, ergibt eine im Brennpunkt angeordnete Lichtquelle eine bevorzugte Lichtausstrahlung nach zwei Seiten, d. h. eine bandförmige Lichtverteilung (Abb. 9). Dieses zuerst von Harrison angegebene Prinzip hat heute, allerdings in teilweise veränderter Ausführung, für Straßenbeleuchtung eine gewisse Bedeutung erlangt. In diesem Zusammenhange ist erwähnenswert, mit welchen einfachen Spiegelformen ebenfalls eine wesentliche Beeinflussung der Lichtverteilung möglich ist. Eine sehr billig herzustellende Spiegelbauart ist der ring- oder glockenförmige Spiegel (Abb. 10). Ein solcher Spiegel mit einer in der Spiegelachse angeordneten Lichtquelle ergibt eine kreisförmige Lichtverteilung. Verschiebt

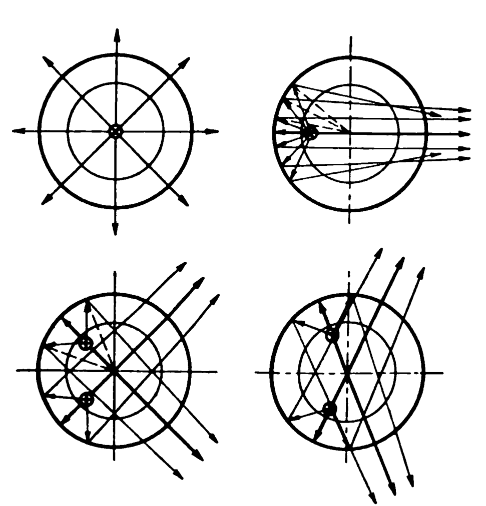


Abb. 10. Wirkungsweise eines Ringspiegels.

man die Lichtquelle etwa so, daß sie sich im halben größten Spiegelradius befindet, dann hat die in nächster Nähe befindliche Spiegelfläche eine lichtsammelnde Wirkung, ähnlich der eines Parabolspiegels. Es wird also nach der gegenüberliegenden Seite ein Lichtbündel ausgestrahlt. Zwei exzentrisch angeordnete Lichtquellen ergeben eine bevorzugte Strahlung nach zwei Richtungen usw. Durch Verdrehung der Lichtquellen um die Spiegelachse kann die Richtung der Hauptstrahlung willkürlich geändert werden.

Die Spiegelkonstruktion.

Abgesehen von den mathematisch festliegenden Spiegelformen ist es ohne weiteres möglich, theoretische Berechnungen und Konstruktionen für Spiegel durchzuführen, die bestimmte andere Lichtverteilungen ergeben sollen.

Ausgangspunkt für derartige Berechnungen ist die Annahme einer punktförmigen Lichtquelle und die ideale Lösung einer Beleuchtungsaufgabe, z. B. die Erzielung einer ganz gleichmäßigen Horizontalbeleuchtung innerhalb eines bestimmten Ausstrahlungsbereiches (Abb. 11).

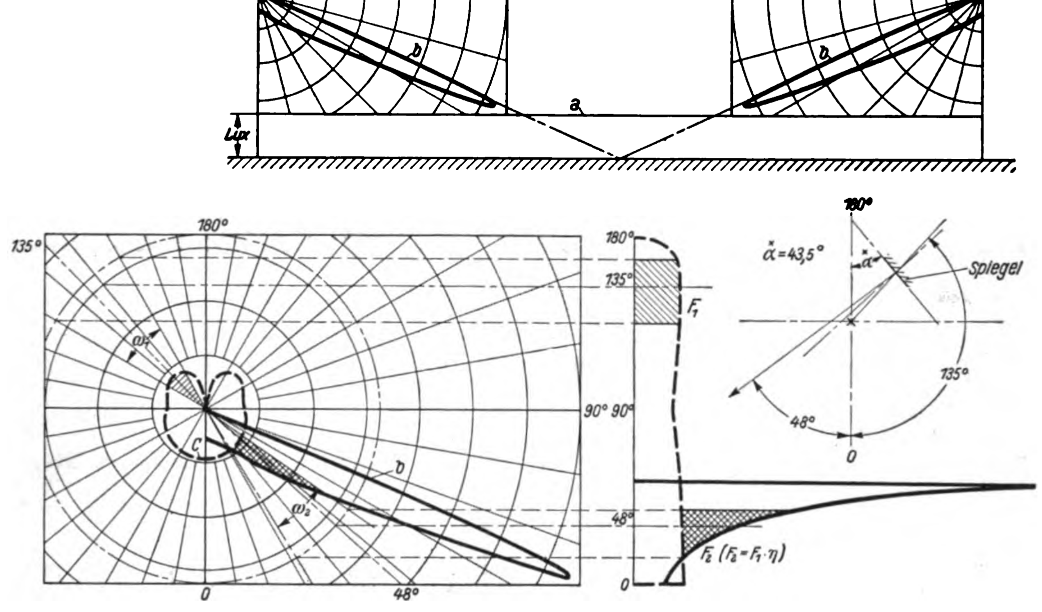


Abb. 11. Konstruktionsverfahren für einen breitstrahlenden Spiegelreflektor.

Für diese ideale Gleichmäßigkeit (Linie a) kann die zu ihrer Erzielung notwendige ideale Lichtstärkenverteilungskurve (b) errechnet werden. Durch Abgleichung dieser Kurve (b) mit derjenigen (c) der Lichtquelle, wobei der Wirkungsgrad der Leuchte berücksichtigt werden muß, und Aufteilung der Kurven in lichtstromgleiche Zonen kann festgelegt werden, wie die einzelnen Spiegelelemente geneigt sein müssen, um einen Teillichtstrom der Lichtquelle in einen bestimmten Bereich der verlangten idealen Lichtverteilungskurve zu richten. Zur Aufteilung der Lichtverteilungskurven in lichtstromgleiche Zonen ist es zweckmäßig, das Lichtstromdiagramm (Rousseau-Diagramm) zu benutzen, das einen flächenmäßigen Vergleich der Teillichtströme ermöglicht. Der in den Raumwinkel ω_1 strahlende Lichtstrom der Lichtquellenkurve entspricht im Rousseau-Diagramm der Fläche F_1. Dieser Lichtstrom soll in den Raumwinkel ω_2 der idealen Kurve umgelenkt werden. Im Rousseau-Diagramm entspricht dem Lichtstrom dieses Raumwinkels die Fläche F_2. Hiernach kann die zur entsprechenden Lichtumlenkung notwendige Lage der einzelnen Spiegelzonen genau bestimmt werden. Im vorliegenden Beispiel wird für den Raumwinkel ω_1 ein Schwerpunktwinkel von 135 ° und für ω_2 ein Schwerpunktwinkel von 48 ° angenommen. Um den Lichtstrom von ω_1 nach ω_2 zu richten, muß eine Tangente konstruiert werden, die mit der Achse 0 — 180 ° einen Winkel $\alpha = 43{,}5$ ° bildet. (Mit Rücksicht auf die Ausdehnung der Leuchtsysteme ergeben sich aber erhebliche Abweichungen von der idealen Lösung der Aufgabe.)

Digitized by Google

Die lichttechnische Konstruktion von Glasleuchten.

Für die Konstruktion von Glasleuchten unter Benutzung lichtdurchlässiger Baustoffe ist ebenfalls das Rousseau-Diagramm von Wichtigkeit. Soll eine Leuchte entwickelt werden, die etwa 75 % des Lichtstromes nach oben und 25 % nach unten strahlt, so müssen folgende Überlegungen angestellt werden.

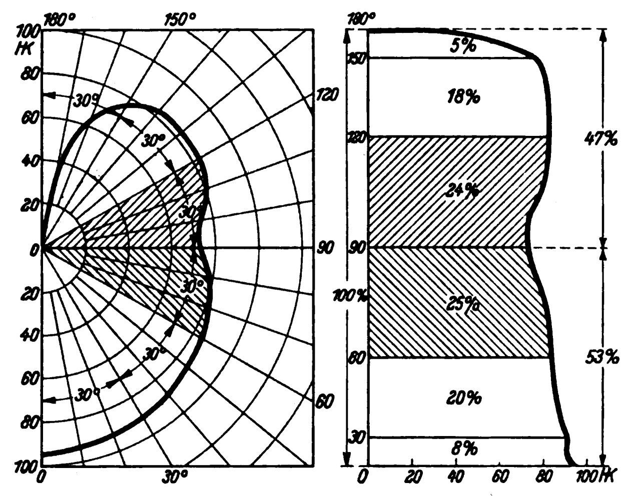
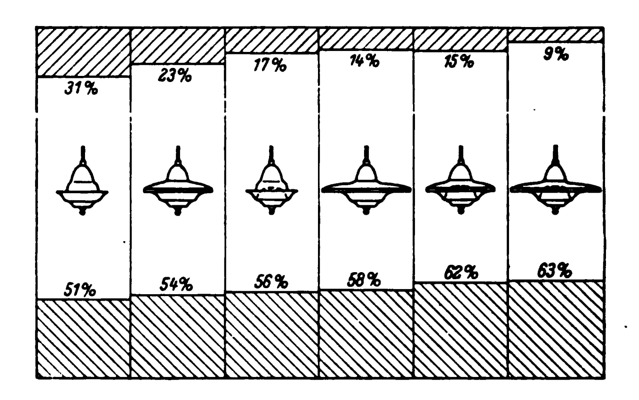


Abb. 12. Lichtstärken und Lichtstromverteilung einer Glühlampe.

Nach Abb. 12 strahlt eine der Konstruktion zugrunde gelegte Lichtquelle mit ringförmigem Leuchtkörper 47 % des Lichtstromes nach oben und 53 % nach unten. Zur verlangten stärkeren Strahlung nach oben ist es also notwendig, einen Teil des von der Lichtquelle nach unten gestrahlten Lichtstromes umzulenken. Hierzu ist ein Trübglas erforderlich, das (bei Vernachlässigung von Lichtverlusten) 75 — 47 = 28 % des Gesamtlichtstromes oder 53 % des in den unteren Halbraum gehenden Lichtes zusätzlich nach oben reflektiert. Etwa dieser Reflexionszahl entspricht ein stark getrübtes Opalglas, das infolge seiner Streuwirkung die Lichtquelle unsichtbar macht und gleichzeitig ihre Leuchtdichte weitgehend herabsetzt. Für die Abdeckung nach oben wird bei einer solchen vorwiegend indirekten Leuchte gut lichtdurchlässiges Mattglas verwendet, welches eine in diesem Zusammenhange unbedeutende Rückstrahlung hat. Bei der Formgebung des Mattglases ist noch darauf zu achten, daß die Lichtwirkung durch Staubablagerung möglichst wenig beeinträchtigt wird. Hierbei ist von großer Bedeutung, daß schon die Lichtquelle allein in den Raumwinkelbereich von 90 bis 120° (Flächenwinkel 30°) 24 % des Lichtstromes strahlt, während von 120 bis 180° (Flächenwinkel 60°) nur 23 % Lichtstrom vorhanden sind. Aus diesem Grunde soll, wenn nicht Fragen der Formgebung dies unmöglich machen, darauf geachtet werden, daß die Gläser im Bereich oberhalb bzw. auch unterhalb der Waagerechten möglichst staubunempfindlich geformt sind.



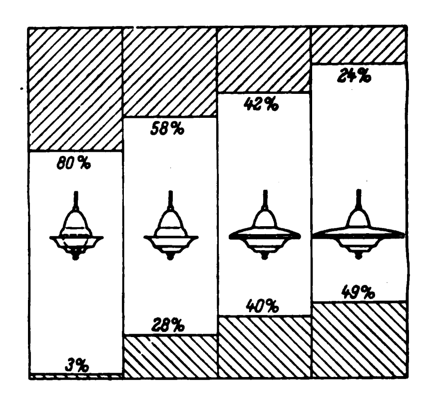


Abb. 13. Raumstrahler.

Zum Schluß sei noch gezeigt, wieweit man sich bei der Durchbildung von Innenleuchten bemüht, den Lichtstrom in feinen Abstufungen nach oben und nach unten zu lenken (Abb. 13). Hierfür wurde ein System von Raumstrahlern entwickelt, bei denen durch zusätzliche Schirme aus Metall und Glas oder durch Glasspiegel neben der vielseitigen Lichtlenkung auch die Leuchtenformen verändert werden können, um den verschiedenen Geschmacksrichtungen Rechnung zu tragen.

Elektrisierung der Bahnen in Frankreich *).

DK 621.331 : 625.1(44)

Ende vorigen Jahres wurde der elektrische Betrieb auf dem letzten Abschnitt der Strecke Paris—Irun aufgenommen. Mit ihren 824 km ist dies die längste elektrisierte Strecke Europas. Vor dem Kriege gab es in Frankreich 243 km elektrisierte Strecken. Die Kohlenknappheit während des Krieges veranlaßte die Regierung, gegen Ende und kurz nach dem Kriege von den Bahngesellschaften Elektrisierungspläne einzufordern. Auf Grund dieser Vorschläge wurden inzwischen weitere 3112 km elektrisiert, so daß von den insgesamt 18500 km elektrisch betriebenen Strecken Europas Frankreich nun mit 19% an zweiter Stelle hinter Italien mit 21,5% steht. (Mit 11,4% der europäischen elektrisierten Strecken steht Deutschland an fünfter Stelle). Die französischen Strecken weisen einen jährlichen Verbrauch von 650 Mill kWh auf. Die früheren Südbahnen und die Bahnen von Orléans, die heute als Abschnitt Südwest der Nationalen Eisenbahngesellschaft zusammengefaßt sind, enthalten allein 2865 km elektrisierte Strecken, das sind 25% ihrer Gesamtstrecken. Die Entwicklung der Elektrisierung in diesem Abschnitt begann 1900 mit Untergrund- und Vorortstrecken in Paris und kurze Zeit darauf mit Strecken in den Pyrenäen mit Steigungen bis 60 ‰. Hierbei wurden 650- und 850 V-Gleichstrom und Betrieb mit dritter Schiene benutzt. Kurz vor dem Kriege entstanden nach Schweizer Muster weitere Pyrenäenstrecken mit 12 kV, $16^2/_3$ Hz-Einphasenstrom. Nach dem ministeriellen Erlaß vom August 1920, mit dem 1500 V-Gleichstrom als Einheitsstromart festgelegt wurde, wurden alle diese Strecken auf diese Stromart umgebaut. Der weitere Ausbau des elektrisierten Netzes ging meist von den Pyrenäen und Paris aus, bis nunmehr durch die Fertigstellung des Bauabschnittes Tours—Bordeaux der durchgehende elektrische Betrieb von Paris bis zur spanischen Grenze aufgenommen werden konnte. Die Strecken der Bahnen von Orléans in der Nähe von Paris erhielten ihre Energie aus Dampfkraftwerken, während für die Pyrenäenstrecken Wasserkraftwerke die Energie lieferten. Große Wasserkraftwerke wurden dann auch im Zentralmassiv errichtet. Durch meist bahneigene Hochspannungsleitungen von 220 kV Spannung sind die Werke der Bahnen von Orléans untereinander und mit den Dampf-

*) Nach J. Dumas, Génie civ. 114 (1939) S. 145; 7 S., 10 Abb.

Digitized by Google

kraftwerken bei Paris verbunden. Mit 90 kV-Drehstrom wird die Energie an die Bahnunterwerke verteilt. Eine gemeinsame Stelle in Paris regelt die Lastverteilung und die Einhaltung der Frequenz[1]). Die Kraftwerke der früheren Südbahnen sind in einer eigenen Kraftwerksgesellschaft zusammengefaßt, deren Lastverteilerstelle am Fuße der Pyrenäen liegt. Auf den Hochspannungsleitungen wird hier 150 kV und als Verteilerspannung 60 kV benutzt. An verschiedenen Stellen sind beide Hochspannungssysteme gekuppelt. Die 90 kV-Speiseleitung der Hauptstrecke Paris—Irun hat Aluminiumleitungen von 230 mm² Querschnitt mit Stahlseele und einen mittleren Mastabstand von 250 m. 70 m hohe Türme in 500 m Abstand tragen die Leitungen bei den Übergängen über die Dordogne und Garonne. Der mittlere Abstand der Unterwerke, deren Hochspannungsteil in Freiluftausführung gebaut ist, beträgt etwa 21,5 km. 23 der Unterwerke haben Einankerumformer von 750 V Gleichspannung, wobei je zwei in Reihe liegen, 10 Unterwerke sind mit Einankerumformern von 1500 V Gleichspannung und 1000 kW Leistung und 7 Unterwerke mit Quecksilberdampfgleichrichtern von je 2000 kW Leistung ausgerüstet. Die älteren Unterwerke sind für Handbedienung eingerichtet, die neueren haben selbsttätige Schalteinrichtungen. Zwischen Bordeaux und Irun sind die Fahrleitungen in Vielfachaufhängung an Spitzbogenportalen aufgehängt, die oben gleichzeitig die 60 kV-Speiseleitung tragen. Sonst sind die üblichen Auslegermasten über jedem Gleis und besondere Masten für die Speiseleitungen verwendet. Für die Schnellzüge sind Lokomotiven der Bauart 2 Do 2 mit Motoren von zusammen etwa 3000 kW Leistung vorhanden, die eine Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h erreichen. Personen- und Güterzüge werden von Lokomotiven der Bauart Bo Bo befördert, die mit vier Motoren von zusammen 1100 kW Leistung, Geschwindigkeiten bis 100 km/h erzielen. *Dtt.*

[1]) ETZ 60 (1939) H. 1, S. 25.

Normen für Lampensockel und -fassungen.

VDE-Ausschuß für Installationsmaterial.

Einspruchsfrist: 1. September 1939.

DK 621.326.62 + 621.329.1 (083.74)

Erläuterungen.

Im Zusammenhang mit den in den letzten Jahren durchgeführten Normungsarbeiten der IEC[1]) hat der Ausschuß für Installationsmaterial die auf dem Gebiet der Glühlampensockel und -fassungen seit Juli 1926 bzw. Oktober 1928 bestehenden deutschen Normen

DIN VDE 9610 Lampensockel E 10
DIN VDE 9615 Lampensockel E 14
DIN VDE 9620 Lampensockel E 27
DIN VDE 9625 Lampensockel E 40
DIN VDE 9630 Lampensockel EW (Pauschal)

überarbeitet. Die Neuausgabe dieser Normblätter steht bevor.

Bei den nachstehend als Entwurf veröffentlichten neuen Normen handelt es sich hauptsächlich um Bajonettsockel und -fassungen, wie sie in vielen Lichtanlagen seit langem Anwendung finden. Diese Normen sollen als elektrotechnische Normen, also als DIN VDE-Normblätter, festgelegt werden. Dadurch wird gleichzeitig vermieden, daß auf diesem Gebiet ähnliche, jedoch nicht einheitliche Normen seitens anderer Fachgruppen aufgestellt werden.

Zu den als Entwurf veröffentlichten Normblättern ist im einzelnen folgendes zu bemerken:

DIN VDE 9701 Lampensockel E 10/137 für Fahrradlicht-Lampen für Kleinspannungen

Hierbei handelt es sich um einen Sockel für Fahrradlicht-Lampen mit Gewinde E 10 entsprechend der im Juli 1938 neu erschienenen Norm DIN VDE 400. Dieser Sockel ist in Zusammenarbeit mit der Reichstypenprüfstelle für Kraftfahrzeug-Einzelteile genormt worden. Er soll für Lampen in Fahrradscheinwerfern Verwendung finden.

DIN VDE 9705 Lampensockel S 7 und S 8, Spitzkappen

Hierbei handelt es sich um kleine Spitzkappen, die für Röhrenlampen in Soffittenform Verwendung finden, und zwar überwiegend für die Bedürfnisse der Kraftfahrzeugbeleuchtung und Rundfunkskalenbeleuchtung.

Die darüber hinaus in der Praxis noch vorkommenden Spitzkappen sollen, sofern eine Normung und Festlegung noch wünschenswert erscheint, bei späteren Normungsarbeiten behandelt werden (beispielsweise Kappen mit 10 und 16 mm Durchmesser für Glimmlampen). Die internationale Normung in den Abmessungen des vorliegenden DIN VDE-Entwurfes ist in Vorbereitung.

DIN VDE 9710 Lampensockel BA 7s für Kleinspannungen

Dieses Blatt enthält einen kleinen Bajonettsockel von 7 mm Durchmesser für Anzeigelampen und Instrumentenbeleuchtung.

DIN VDE 9715 Lampensockel BA 9s für Kleinspannungen

DIN VDE 9720 Lampensockel BA 15

Diese Blätter enthalten Bajonettsockel mit 9 bzw. 15 mm Durchmesser. Die Sockel sind von der IEC bereits festgelegt; ihre Abmessungen entsprechen den in Amerika üblichen Maßen. Hinsichtlich der Sockel BA 15 ist beabsichtigt, die bisherige deutsche Praxis (Größtmaß 15,20 mm) mit der vorliegenden Sockelnorm an den international gebräuchlichen Wert von 15,25 mm Größtwert anzugleichen.

DIN VDE 9725 Lampenfassung B 15

Dieses Blatt enthält die zugehörige Lampenfassung B 15, ein- und zweipolig. Die Abmessungen entsprechen ebenfalls der IEC-Norm.

DIN VDE 9730 Lampensockel BA 20
DIN VDE 9735 Lampenfassung BA 20

Diese Blätter enthalten Sockel und Fassung BA 20 in den Abmessungen entsprechend den IEC-Normen. Die Sockel finden überwiegend Verwendung für Scheinwerferlampen in Kraftfahrzeugen, Flugzeugen und für Signallampen. Bei der Fassungsnorm handelt es sich um eine Teilnormung, deren Erweiterung auf die noch fehlenden Abmessungen in Vorbereitung ist.

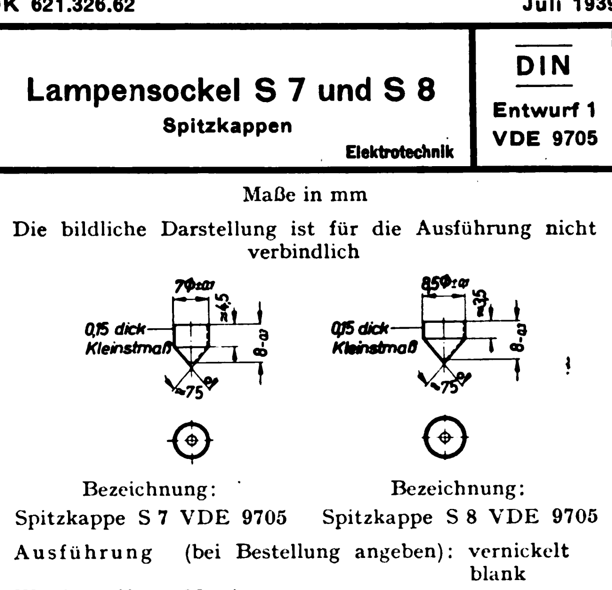
DIN VDE 9740 Lampensockel B 22
DIN VDE 9745 Lampenfassung B 22

Diese Blätter enthalten die Lampensockel und Fassung B 22 für Lampen für allgemeine Beleuchtungszwecke, wie sie beispielsweise in Bahnbetrieben vielfach Anwendung finden. Die Abmessungen entsprechen ebenfalls den Festlegungen der IEC.

[1]) ETZ 59 (1938) S. 1291.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

DK 621.326.62 **Juli 1939**



Lampensockel S 7 und S 8
Spitzkappen
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 9705

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich

Bezeichnung: Spitzkappe S 7 VDE 9705

Bezeichnung: Spitzkappe S 8 VDE 9705

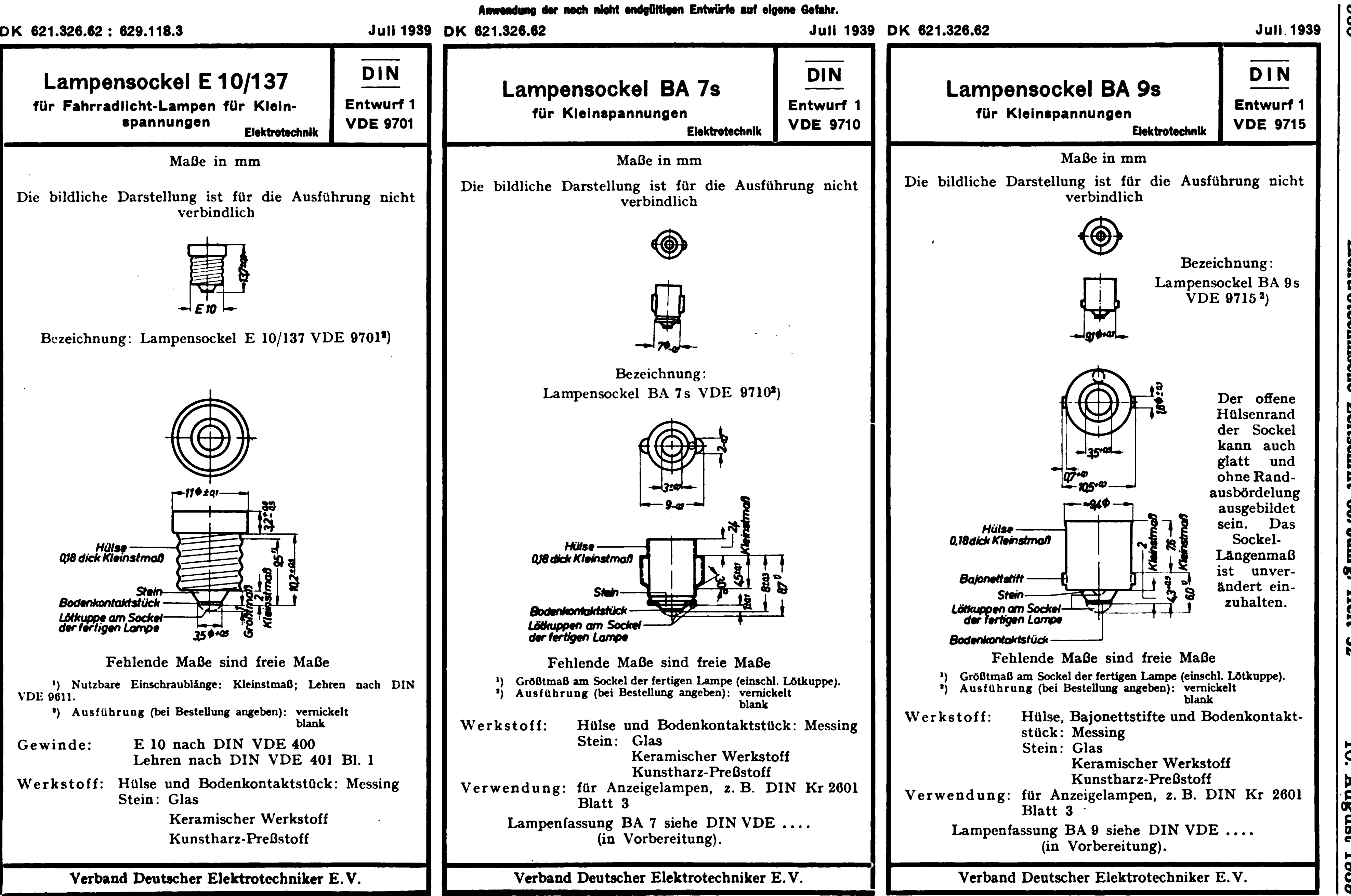
Ausführung (bei Bestellung angeben): vernickelt / blank

Werkstoff: Messing

Verwendung: für Röhrenlampen in Soffittenform, z. B. DIN Kr 2601 Blatt 3 und DIN VDE 1550

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Digitized by Google



Anwendung der noch nicht endgültigen Entwürfe auf eigene Gefahr.

DK 621.326.62 : 629.118.3 Juli 1939

Lampensockel E 10/137
für Fahrradlicht-Lampen für Kleinspannungen

Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 9701

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich

Bezeichnung: Lampensockel E 10/137 VDE 9701²)

Fehlende Maße sind freie Maße

¹) Nutzbare Einschraublänge: Kleinstmaß; Lehren nach DIN VDE 9611.

²) Ausführung (bei Bestellung angeben): vernickelt / blank

Gewinde: E 10 nach DIN VDE 400
Lehren nach DIN VDE 401 Bl. 1

Werkstoff: Hülse und Bodenkontaktstück: Messing
Stein: Glas
Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

DK 621.326.62 Juli 1939

Lampensockel BA 7s
für Kleinspannungen

Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 9710

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich

Bezeichnung:
Lampensockel BA 7s VDE 9710²)

Fehlende Maße sind freie Maße

¹) Größtmaß am Sockel der fertigen Lampe (einschl. Lötkuppe).
²) Ausführung (bei Bestellung angeben): vernickelt / blank

Werkstoff: Hülse und Bodenkontaktstück: Messing
Stein: Glas
Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff

Verwendung: für Anzeigelampen, z. B. DIN Kr 2601 Blatt 3

Lampenfassung BA 7 siehe DIN VDE ....
(in Vorbereitung).

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

DK 621.326.62 Juli 1939

Lampensockel BA 9s
für Kleinspannungen

Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 9715

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich

Bezeichnung:
Lampensockel BA 9s
VDE 9715²)

Der offene Hülsenrand der Sockel kann auch glatt und ohne Randausbördelung ausgebildet sein. Das Sockel-Längenmaß ist unverändert einzuhalten.

Fehlende Maße sind freie Maße

¹) Größtmaß am Sockel der fertigen Lampe (einschl. Lötkuppe).
²) Ausführung (bei Bestellung angeben): vernickelt / blank

Werkstoff: Hülse, Bajonettstifte und Bodenkontaktstück: Messing
Stein: Glas
Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff

Verwendung: für Anzeigelampen, z. B. DIN Kr 2601 Blatt 3

Lampenfassung BA 9 siehe DIN VDE ....
(in Vorbereitung).

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Digitized by Google

Anwendung der noch nicht endgültigen Entwürfe auf eigene Gefahr.

DK 621.326.62 Juli 1939

Lampensockel BA 15

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 9720

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich

Bezeichnung:	Bezeichnung:
Lampensockel BA 15s VDE 9720[5])	Lampensockel BA 15d VDE 9720[5])

Fehlende Maße sind freie Maße

Der offene Hülsenrand der Sockel kann auch glatt und ohne Randausbördelung ausgebildet sein. Das Sockel-Längenmaß ist unverändert einzuhalten.

[1]) Größtmaß am Sockel der fertigen Lampe (einschl. Lötkuppe).
[2]) Für Neukonstruktionen das IEC-Normenmaß 4 + 0,75 anstreben.
[3]) Für Lampen nach DIN Kr 2601 Bl. 1 bis 3 beträgt das Kleinstmaß 10 mm.
[4]) Bei Lampensockeln BA 15d für Lampen nach DIN Kr 2601 Bl. 1 ist ein Bajonettstift um 1 mm länger, um eine bestimmte Stellung der Lampe im Scheinwerfer zu sichern. Bezeichnung: Lampensockel BA 15d/1 VDE 9720.
[5]) Ausführung (bei Bestellung angeben): vernickelt blank

Werkstoff: Hülse, Bajonettstifte und Bodenkontaktstück: Messing
Stein: Glas
Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff

Die Lampensockel in Anlagen mit Spannungen über 42 V bis 250 V müssen VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V" entsprechen.
Lampenfassung B 15 siehe DIN VDE 9725

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

DK 621.329.16 Juli 1939

Lampenfassung B 15

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 9725

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich

Bezeichnung:	Bezeichnung:
Lampenfassung B 15s VDE 9725[1])	Lampenfassung B 15d VDE 9725[1])

Fehlende Maße sind freie Maße

[1]) Ausführung (bei Bestellung angeben): Stromführende Teile blank oder vernickelt

Werkstoff: Hülse: Metall
Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff
Kontaktstifte: Messing
Stein: Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff

Die Lampenfassungen in Anlagen mit Spannungen über 42 V bis 250 V müssen VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V" entsprechen.

Lampensockel BA 15 siehe DIN VDE 9720

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

DK 621.326.62 Juli 1939

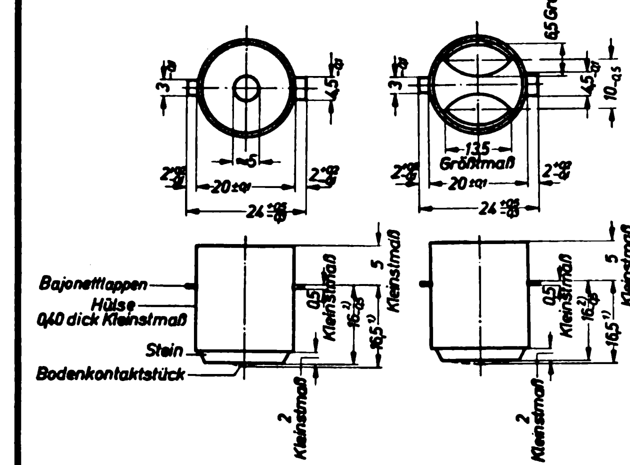
Lampensockel BA 20

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 9730

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich



Bezeichnung:	Bezeichnung:
Lampensockel BA 20s VDE 9730[3])	Lampensockel BA 20d VDE 9730[3])

Fehlende Maße sind freie Maße

[1]) Größtmaß am Sockel der fertigen Lampe (einschl. Lötkuppe).
[2]) Zul. Abw. der Lage der Lappen zueinander 0,2 mm.
[3]) Ausführung (bei Bestellung angeben): vernickelt oder blank.

Werkstoff: Hülse, Bajonettlappen und Bodenkontaktstück: Messing
Stein: Glas
Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff

Die Lampensockel in Anlagen mit Spannungen über 42V bis 250 V müssen VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V" entsprechen.
Lampenfassung BA 20 siehe DIN VDE 9735.

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Digitized by Google

Anwendung der noch nicht endgültigen Entwürfe auf eigene Gefahr

DK 621.329.1 Juli 1939

Lampenfassung BA 20

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 9735

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich

Bezeichnung:

Lampenfassung BA 20 VDE 9735[1])

[1]) Ausführung (bei Bestellung angeben): Stromführende Teile blank oder vernickelt

Werkstoff: Hülse: Metall

Die Lampenfassung muß VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V" entsprechen.

Weitere Maßnormen sowie die Festlegung einer Einrichtung zur achsialen Festhaltung des Lampensockels in der Fassung in Vorbereitung.

Lampensockel BA 20 siehe DIN VDE 9730.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.326.62 Juli 1939

Lampensockel B 22

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 9740

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich

Bezeichnung:	Bezeichnung:	Bezeichnung:
Lampensockel B 22/24 VDE 9740	Lampensockel B 22/25 × 26 VDE 9740	Lampensockel B 22/31 × 30 VDE 9740

Fehlende Maße sind freie Maße. Der offene Hülsenrand der Sockel kann auch glatt und ohne Randausbördelung ausgebildet sein. Das Sockel-Längenmaß ist unverändert einzuhalten.

[1]) Größtmaß am Sockel der fertigen Lampe (einschl. Lötkuppe).

Ausführung: blank

Werkstoff: Hülse, Bajonettstifte und Bodenkontaktstücke: Messing
Stein: Glas
Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff

Die Lampensockel müssen VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V" entsprechen.

Lampenfassung B 22 siehe DIN VDE 9745.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.329.16 Juli 1939

Lampenfassung B 22

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 9745

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich

Bezeichnung:

Lampenfassung B 22 VDE 9745[2])

Fehlende Maße sind freie Maße.

[1]) Bei radial federnder Hülse darf die lichte Weite 22,1 ⌀ Kleinstmaß betragen.

[2]) Ausführung (bei Bestellung angeben): Stromführende Teile blank oder vernickelt

Werkstoff: Hülse: Metall
Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff
Kontaktstifte: Messing
Stein: Keramischer Werkstoff
Kunstharz-Preßstoff

Die Lampenfassung muß VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V" entsprechen

Lampensockel B 22 siehe DIN VDE 9740

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Digitized by Google

AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT.

Wahl der Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannungen in Sonderfällen.

Von W. Schrank VDE, Berlin.

(Schluß von S. 904.)

DK 621.316.99

Die unter 2. beschriebenen Maßnahmen sind im Gegensatz zu den unter 1. und 3. angegebenen dann von Nachteil, wenn mehrere Speicher in einer Anlage u. U. auch in benachbarten Anlagen auf diese Weise geschützt sind. Bei einem Fehler in nur einer Speicheranlage lösen sämtliche Schutzschalter aus, da alle Fehlerstromspulen einerseits an der Wasserleitung, anderseits an dem gemeinsamen Punkt des Spannungstrichters angeschlossen sind. Allerdings lassen sich die fehlerfreien Anlagen wieder einschalten.

Diese Betrachtungen finden sinngemäß auch auf alle anderen elektrischen Geräte, die mit dem öffentlichen Wasserrohrnetz in zwangsläufiger metallischer Verbindung stehen, wie z. B. Durchlauferhitzer, Waschmaschinen u. dgl., Anwendung.

B. Eine weitere Art von Anlagen, die heute weite Verbreitung, besonders in Siedlungsgebieten, gefunden

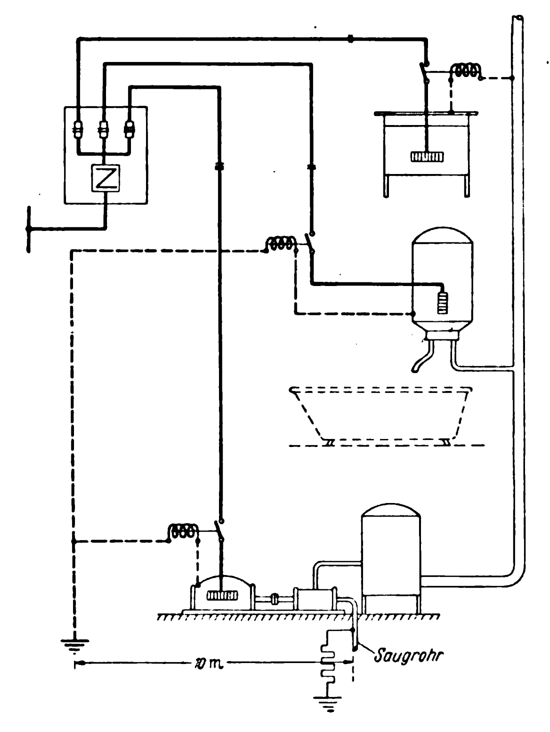


Abb. 9. Schutzschaltung von drei Geräten in einer Haus-Wasserversorgungsanlage.

hat, sind die mit Elektropumpen betriebenen Haus-Wasserversorgungsanlagen. Die Gefahrenmomente, insbesondere die Verschleppung der Berührungsspannungen sind vom Verfasser bereits an anderer Stelle veröffentlicht worden[6]). Diesen Gefahrenmomenten wurde durch die neuen Anschlußbedingungen der BEWAG auch Rechnung getragen[7]). Die Abb. 9 u. 10 zeigen die Anwendung der Schutzschaltung bei derartigen Anlagen.

Diesen Schutzmaßnahmen kommt in landwirtschaftlichen Betrieben, wo Pumpenmotoren für die verschiedensten Zwecke angewendet werden, besondere Bedeutung zu[8]).

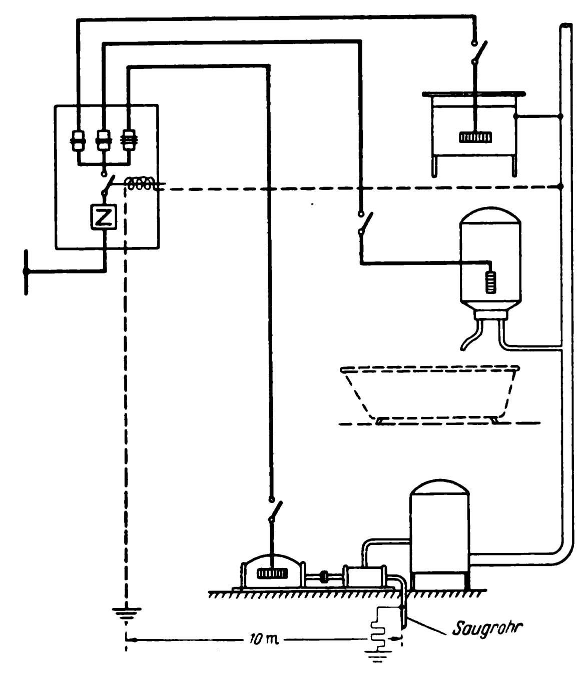


Abb. 10. Zentrale Anordnung eines Schutzschalters für drei Geräte.

2. Geräte mit ausreichendem Erdungswiderstand der zwangsläufigen Erdung.

Die zwangsläufige Erdung von elektrischen Geräten führt in den Fällen zu besonderen Schwierigkeiten, in denen zwar der Erdausbreitungswiderstand entsprechend dem geforderten Wert der Stromkreissicherung ausreichend oder sogar noch um vieles geringer ist, aber trotzdem nicht als Schutzerder verwendet werden kann.

Im Versorgungsgebiet der BEWAG wird die Schutzerdung grundsätzlich nur in Stromkreisen, die bis zu 20 A gesichert sind, zugelassen[9]).. Es genügt nämlich nicht, daß ein Gerät, das mit größeren Sicherungen als 20 A abgesichert ist, an einen Erder mit einem entsprechend der Stromkreissicherung ausreichenden Erdungswiderstand angeschlossen ist, weil

1. der Erdungswiderstand der Betriebserdung nur dem Wert zu entsprechen braucht, der für die Schutzerdung von 20 A-Stromkreisen gefordert wird[10]),
2. die Wasserrohre durch die erhöhte Inanspruchnahme, bedingt durch den im Fehlerfalle fließenden Erdschlußstrom, Schaden nehmen können[11]) und

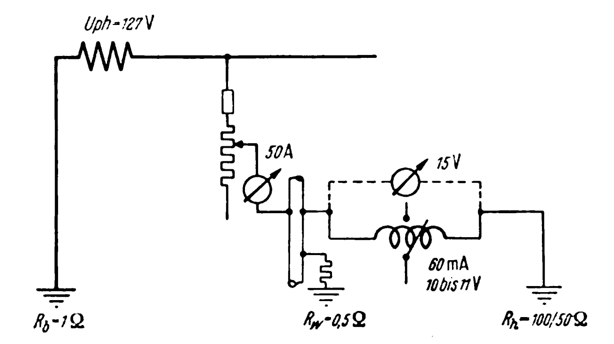
[6]) Vgl. Schrank, Elektrotechn. Anz. Nr. 40—42 (1937).
[7]) Siehe Fußnote 3.
[8]) Vgl. P. Schnell, ETZ 59 (1938) S. 1197.
[9]) Vgl. C. Krohne, ETZ 58 (1937) S. 1153.
[10]) Vgl. VDE 0140, §§ 9 und 20.
[11]) Vgl. G. Böninger, ETZ 59 (1938) S. 510.

Digitized by Google

3. nicht alle Erder zu Erdungszwecken für Starkstromanlagen verwendet werden können bzw. dürfen.

Die Anwendung der Schutzschaltung mit dem außerhalb des Spannungstrichters liegenden Hilfserder hat hier Schwierigkeiten insofern, als der Spannungstrichter infolge des kleinen Erdungswiderstandes sehr große Ausmaße hat und somit die Hilfserdleitung außerordentlich lang wird. Das ist technisch und wirtschaftlich zweifellos von Nachteil. Da es sich in diesen Fällen aber fast immer um Anlagen von größerem Wert handeln wird, sind besondere Messungen von Fall zu Fall gerechtfertigt.

Um auch in diesen Fällen das einwandfreie Arbeiten der Schutzschaltung sicherzustellen, wurden Versuche nach Abb. 11 angestellt. Der Wasserleitung mit dem Er-



U_{ph} Phasenspannung 127 V
R_b Erdungswiderstand der Betriebserdung 1 Ω
R_w Erdungswiderstand des Wasserrohrs 0,5 Ω
R_h Erdungswiderstand des Hilfserders 100 bzw. 50 Ω

Abb. 11. Versuchsanordnung zur Ermittlung der Selektivität zwischen Schutzschalter und Sicherungen.

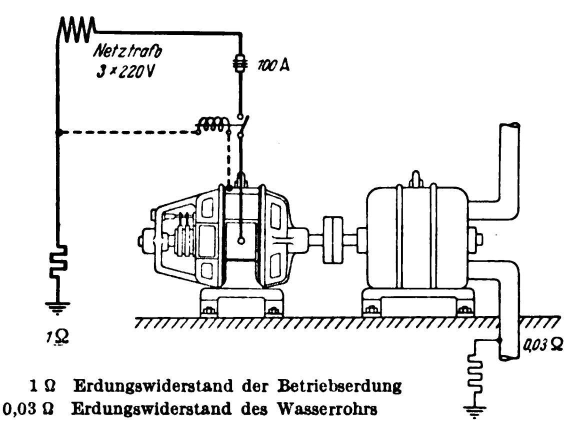
dungswiderstand $R_W = 0{,}5\,\Omega$ wurde über einen Regelwiderstand ein Strom von 50 A aufgedrückt, der seinen Weg über die Betriebserdung $R_b = 1\,\Omega$ zum Ausgangspunkt zurücknahm. In diesem Zustand wurde im Abstand von 10 m die Spannung der Wasserleitung gegen einen Hilfserder R_h zu etwa 15 V gemessen. An Stelle des Spannungsmessers wurde dann die Auslösespule eines Schutzschalters angeschlossen. Eine Auslösung des Schutzschalters erfolgte zunächst nicht. Erst bei Verminderung des Hilfserderwiderstandes von 100 Ω auf 50 Ω erfolgte einwandfreie Auslösung des Schutzschalters, wobei die Auslösestromstärke etwa 60 mA und die Spulenspannung etwa 10 bis 11 V war. An dem Hilfserder entstand somit ein Spannungsabfall im ersten Falle von $u_1 = 0{,}06 \cdot 100 = 6$ V und im zweiten Falle $u_2 = 0{,}06 \cdot 50 = 3$ V. Folglich konnte auch im ersten Falle der Schutzschalter nicht ansprechen, da von den 15 V Gesamtspannung schon 6 V Spannungsabfall am Hilfserder verlorengingen.

Da ferner von dem Erdungswiderstand des Hilfserders und dem über die Wasserleitung fließenden Erdschlußstrom die Selektivität von Schutzschalter und Gerätesicherungen in hohem Maße abhängt, sind die Verhältnisse immer so zu wählen, daß in jedem Falle der Schutzschalter zeitlich früher auslöst, als die Sicherungen ansprechen. Da ohnehin diese Maßnahme nur bei hochabgesicherten Maschinen und Geräten in Frage kommt, ist ebenfalls auf die zulässige Inanspruchnahme der Wasserrohre zu achten[12]).

A. In einem Wasserwerk waren drei Pumpenmotoren von je 90 kW zwangsläufig über die Frischwasserrohre geerdet. Die Erdung konnte nach dem vorhin Gesagten nicht als Schutzerdung verwendet werden. Der Erdungswiderstand war 0,03 Ω. Die Errichtung eines Hilfserders bot Schwierigkeiten, da in angemessener Entfernung bei einem Erdschlußstrom von 50 A nur eine Auslösespannung von etwa 1 V erreicht werden konnte.

In Anbetracht dessen, daß die speisende Netzstation im Maschinenhaus untergebracht war, waren hier zwei andere Möglichkeiten gegeben, und zwar:

1. Die Hilfserdleitung konnte an die Betriebserdung des Netztransformators angeschlossen werden, so daß bei einem Erdschlußstrom von nur 11 A eine einwandfreie Auslösung der Schutzschalter erfolgte (Abb. 12), oder



1 Ω Erdungswiderstand der Betriebserdung
0,03 Ω Erdungswiderstand des Wasserrohrs

Abb. 12. Schutzschaltung eines 90 kW-Pumpenmotors.

2. die Maschinengehäuse konnten durch eine Leitung mit dem Netztransformator verbunden und somit „genullt" werden.

B. In einem Industriewerk waren Pumpenmotoren zur Förderung von Brennstoff so aufgestellt, daß sie zwangsläufig mit dem ganzen Rohrsystem der Brennstoffleitungen verbunden waren. Die Fehlerströme würden somit über die Rohrsysteme fließen, was hier unerwünscht war. Obwohl die zwangsläufige Erdung einen Erdungswiderstand von nur 0,05 Ω hatte, konnte auch hier diese Erdung nicht als Schutzerdung zugelassen werden. Auch die Schutzschaltung konnte hier nicht als betriebssichere Schutzmaßnahme gelten, weil

1. der Erdungswiderstand nur 0,05 Ω ist und außerdem aus dem Gebiet des Spannungstrichters infolge der auf dem Gelände verlegten Rohrleitungen nicht herauszukommen war und
2. bei einem Fehler in nur einer Maschine sämtliche Maschinen abgeschaltet werden, was mit Rücksicht auf die selbsttätige Steuerung der Motoren nicht zu verantworten gewesen wäre.

Als geeignete Schutzmaßnahme wurde hier die Erdung angesehen unter Verwendung einer ausreichenden Erdungsleitung, an die sämtliche zwangsläufig geerdeten Motoren angeschlossen wurden, so daß eine Entlastung sämtlicher übrigen Rohrleitungen gewährleistet ist. Der Erdungswiderstand der Betriebserdung der speisenden Netzstation wurde ebenfalls auf den erforderlichen Wert gebracht.

C. In einer Anzahl Plätterei- und Wäschereibetriebe wurde festgestellt, daß die Antriebsmotoren für die gasbeheizten Bügelmaschinen meistens mit der Maschinenkonstruktion so verbunden sind, daß eine zwangsläufige Erdung über das Gasrohrnetz besteht. Es ist bekannt, daß die Übergangswiderstände der Gasrohrverbindungen an den Muffen, Ventilen usw. sehr groß sein können (festgestellte Werte bis 200 Ω). Durch diese Tatsache ergab sich, daß mit dem Auftreten von Berührungsspannungen zwischen den Ventilen an der Maschine gerechnet werden muß (Abb. 13).

[12]) G. Böninger, ETZ 59 (1938) S. 510.

Digitized by Google

Da somit Gasrohrleitungen grundsätzlich nicht als Erder benutzt werden können, war auch hier eine Entlastung durch einen Anschluß an das Wasserrohrnetz vorzunehmen. Der Anschluß darf jedoch nicht an einer beliebigen Stelle des Gasrohrs, sondern muß unmittelbar am Motor erfolgen.

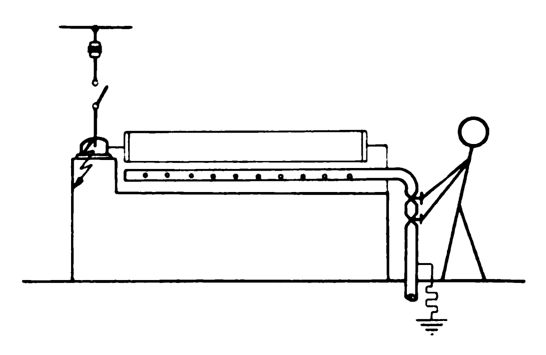


Abb. 13. Berührungsspannung an einer Bügelmaschine.

D. An den starkstromtechnischen Einrichtungen von Fernsprechzellen und ähnlichen Verkehrsbeleuchtungsanlagen können Körperschlüsse durch Materialspannungen (Eisen, Porzellan) eintreten und zu Berührungsspannungen führen, wie Abb. 14 zeigt.

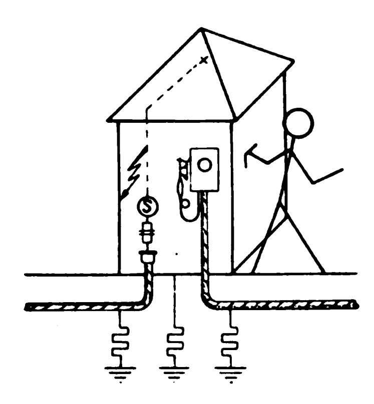


Abb. 14. Berührungsspannung an einer öffentlichen Fernsprechzelle.

Als zwangsläufige Erdung ist hier der Bleimantel des Fernsprechkabels, die in Beton stehende Eisenkonstruktion und teilweise der Bleimantel des Starkstromkabels anzusehen. Eine Mitverwendung des Fernsprechkabel-Bleimantels kommt nicht in Frage, da u. a. Schwierigkeiten in der Fernsprechübertragung entstehen können.

Die in B e r l i n durchgeführten Versuche ergaben, daß eine Schutzerdung über den Bleimantel des Niederspannungskabels im allgemeinen als ausreichend angesehen werden konnte. Für Neuanlagen wurde empfohlen,

1. den Erdungswiderstand des Kabelbleimantels vor dem Anschluß auf seine Verwendbarkeit zu prüfen und
2. die Einführung des Kabelendverschlusses so vorzunehmen, daß eine elektrische Trennung des Kabelbleimantels von der Eisenkonstruktion der Zelle und somit von dem Bleimantel des Fernsprechkabels ohne Schwierigkeiten möglich ist.
3. In den Fällen, in denen der Bleimantel nicht als Schutzerder verwendet werden kann, ist die Schutzschaltung anzuwenden. Als Hilfserder kann der Kabelbleimantel oder ein zu errichtender Rohrerder verwendet werden.

Dieselben Gedankengänge, wie bisher gezeigt, treffen naturgemäß auch bei anderen Geräten bzw. Anlagen zu, wie z. B. Tankstellen, Krane, Hebebühnen usw. In jedem Fall muß Sorge getragen werden, daß diejenigen Rohrsysteme oder Metallkonstruktionen, die normalerweise nicht als Schutzerder verwendet werden können bzw. dürfen, von dem im Fehlerfall auftretenden Erdschlußstrom e n t l a s t e t werden. Soweit es sich um Anlagen handelt, die mit Sicherungen bis zu 20 A abgesichert sind, kann am zweckmäßigsten und meist mit dem geringsten Aufwand wirtschaftlicher Mittel die Schutzerdung über das Frischwasserrohrnetz oder auch über den Kabelbleimantel des Zuleitungskabels angewendet werden. Voraussetzung ist natürlich, daß der Erdungswiderstand ausreichend klein ist.

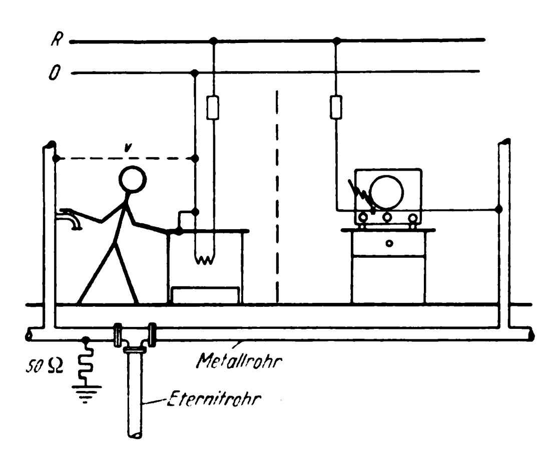
Es ist natürlich nicht möglich, für Sonderfälle eine bestimmte Norm der anzuwendenden Schutzmaßnahmen aufzustellen, da die Verhältnisse in jedem Falle anders liegen können. Mit einiger Umsicht wird sich jedoch stets eine zufriedenstellende Lösung erreichen lassen, wenn die Maßnahmen den jeweiligen örtlichen und betrieblichen Verhältnissen angepaßt werden.

III. Verschleppung von Berührungsspannungen durch Isolierstoff-Wasserrohre.

Anschließend soll noch kurz auf die Verhältnisse eingegangen werden, die wiederholt zu Berührungsspannungen an genullten elektrischen Geräten geführt haben, wenn straßenseitig streckenweise Eternit- oder ähnliche Wasserrohre, in den Gebäuden jedoch leitende Wasserrohre verlegt wurden. Diese Straßenrohre leiten nämlich zu schlecht, als daß sie zu wirksamen Erdungen verwendet werden können.

Nachstehend folgender praktischer Fall:

Von den Kochstromabnehmern eines Häuserblocks wurden Klagen über zeitweilig auftretende Berührungsspannungen an den Elektroherden geführt. Die Untersuchung ergab folgenden Befund:



Netzspannung 380/220 V — 50 Ω Erdungswiderstand des Hauswasserrohrs
v zu empfehlende Verbindung

Abb. 15. Verschleppte Berührungsspannung durch Isolierstoff-Wasserrohre.

Der fragliche Häuserblock wurde mit Drehstrom 380/220 V über Kabel versorgt. Die Elektroherde waren ordnungsmäßig genullt. Die Wasserrohre in den Küchen hatten zeitweise Spannungen von etwa 70 V gegen Erde und somit auch gegen die genullten Herde. Im Häuserblock waren Eisenrohre, straßenseitig Eternitrohre verlegt. Der Erdungswiderstand des Hauswasserrohrnetzes wurde zu 30 bis 50 Ω bestimmt.

Digitized by Google

Die Ursache der auftretenden Berührungsspannungen wurde in einem schadhaften Kondensator eines Rundfunkgerätes (Allstromempfänger) gefunden, wodurch ein Strom über die Wasserleitung floß. Eine Sicherung schmolz nicht ab, auch der Betrieb des Rundfunkgerätes wurde nicht in Mitleidenschaft gezogen. Die genannte durch den Häuserblock führende Wasserleitung nahm nach Maßgabe ihres Erdungswiderstandes und des fließenden Fehlerstromes eine Berührungsspannung gegen Erde und Nulleiter und somit auch gegen alle genullten Geräte an (Abb. 15).

Aus Unkenntnis der Sachlage ist in solchen oder ähnlichen Fällen schon öfter die Ursache der Berührungsspannungen an den genullten Geräten gesucht oder auf eine unzulässige Spannung des Nulleiters gegen Erde geschlossen worden. Eine Beseitigung des Fehlers schließt natürlich eine weitere Gefahr nicht aus, da in jedem Augenblick ein anderer Isolationsfehler in irgendeiner Anlage die gleichen Verhältnisse wieder herbeiführen kann. Dieser Gefahrenzustand kann grundsätzlich nur beseitigt werden, wenn das Hauswasserrohrnetz zuverlässig auf Erdpotential gebracht wird, was durch eine Verbindung mit dem Netznulleiter erreicht werden kann.

Zusammenfassung.

Die geschilderten Sonderfälle sind geeignet, die Notwendigkeit zusätzlicher Schutzmaßnahmen in erhöhtem Maße zu erkennen. Die Schutzmaßnahmen werden oft als eine wirtschaftliche Belastung empfunden und sind es auch, wenn sie einen beträchtlichen Anteil an den Gesamtkosten der Anlage haben. Meist ist es jedoch möglich, mit verhältnismäßig geringen Kosten einen einwandfreien Schutz gegen Berührungsspannungen zu erreichen. Deswegen ist nicht einzusehen, warum für gewisse elektrische Geräte die Schutzmaßnahmen eine Selbstverständlichkeit sind, während sie für andere Geräte nicht beachtet werden, obwohl die gleichen, wenn nicht sogar größere Gefahrenmomente vorliegen. Bemerkenswert ist, daß beispielsweise von den im Jahre 1937 der Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik gemeldeten elektrischen Unfällen etwa 25 % auf fehlenden bzw. ungenügenden Berührungsspannungs- und Lichtbogenschutz zurückzuführen sind. Wenn vom verantwortlichen Installationstechniker die Schutzmaßnahmen nicht genügend beachtet werden, kann er, falls diese Mängel einen Unfall verschulden, zivil- und strafrechtlich zur Verantwortung gezogen werden[13]).

Die steigende Verwendung elektrischer Geräte wird dann zu einem vollen Erfolg führen, wenn eine Gefährdung von Menschenleben auf ein Mindestmaß herabgesetzt wird.

Bei der Beurteilung über die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen in Sonderfällen gehe man in nachstehender Reihenfolge vor:

1. Bei von Erde isoliert aufgestellten Gerätekörpern prüfe man, ob mit dem Auftreten von Berührungsspannungen zu rechnen ist. Notwendigenfalls wähle man dann nach den zur Verfügung stehenden Mitteln und den vorliegenden Netzverhältnissen die Schutzmaßnahmen.
2. Bei zwangsläufig geerdeten Gerätekörpern überzeuge man sich
   a) von dem Erdungswiderstand der zwangsläufigen Erdung,
   b) ob die Erdung als Schutzerdung bezüglich ihres Erdungswiderstandes und ihrer sonstigen Beschaffenheit als betriebsmäßige Schutzerdung verwendet werden kann bzw. darf und wähle dementsprechend die geeignete Schutzmaßnahme.
3. Um eine Verschleppung von Berührungsspannungen durch straßenseitig verlegte Isolierstoff-Wasserrohre zu verhindern, empfiehlt sich eine Verbindung des Netznulleiters mit den im Gebäude verlegten metallenen Wasserrohren.

Eingehende Besichtigungen und u. U. notwendige Messungen werden immer zu einer Lösung der oft umstrittenen Fragen führen.

[13]) Vgl. Jahresbericht der Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik (1937).

Erziehung von Elektro-Ingenieuren.

DK 621.3.007.2 : 37

Fortescue[1]) gibt als Ziel der in den Lebensjahren von 16 bis 24 zu vermittelnden Ausbildung an:

a) Fachkenntnisse des Spezialfaches, welches später gewählt wird, wissenschaftliche Grundlagen insbesondere in Mathematik für forschende Tätigkeit, Sprachkenntnisse für Studium des Schrifttums.

b) Stärkung der Persönlichkeit; notwendig sind: Schnelle Auffassung, Geschicklichkeit, Initiative, Taktgefühl und Wille zur kameradschaftlichen Zusammenarbeit.

Als Plan einer theoretisch ausgerichteten Schulung wird gefordert:

Bis etwa 16 Jahre: Englisch, Geschichte, Erdkunde, eine Fremdsprache, Mathematik, Physik, Chemie, Biologie oder Geologie, Freihand- und perspektivisches Zeichnen, Handschrift.
Von 16 bis 18: moderne Geschichte, Wirtschaftsgeographie, eine Fremdsprache, Mathematik, Physik, Chemie.
Mit 19: Mathematik, Mechanik, Materiallehre, angewandte Wärmelehre, angewandte Elektrizitätslehre, Chemie.
Mit 20: wie vor, jedoch Oberstufen und Physik.
Bis etwa 22 Jahre: wissenschaftliche Behandlung praktischer elektrotechnischer Probleme, Laboratoriumstätigkeit und Industriewirtschaftslehre.

Für eine praktisch ausgerichtete Schulung wird gewünscht: 2 bis 2½ Jahre als Lehrling z. B. in einer Maschinenfabrik, danach zweijährige Ausbildung von veranlagten Lehrlingen. Eingehender Lehrgang über Spezialmaschinen, Arbeitszeitberechnung, Kostenberechnungen im allgemeinen, am Schluß Aufenthalt im Zeichnungsbüro und Vorbereitung auf das in Aussicht genommene Spezialfach.

In der Aussprache wird im wesentlichen auf die notwendige Mitarbeit der Industrie bei der Ausbildung des jungen Ingenieurs hingewiesen. Es sind genügend Praktikantenstellen sowie genügend Plätze für Ausbildungsingenieure zur Verfügung zu stellen. Des weiteren müssen die führenden Spezialingenieure der Industrie bei der wissenschaftlichen und praktischen Weiterbildung des Nachwuchses durch Vorlesungen und Kurse mithelfen. Highfield gibt die Gesamtzahl der Technik Studierenden mit 12 000 an, davon etwa 5 000 Studenten der Elektrotechnik, von denen 700 die akademische Ausbildung genießen. Die übrigen umfangreichen Ausführungen bringen nichts Neues.

v. d. K.

[1]) C. L. Fortescue, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 161; 26 S.

Digitized by Google

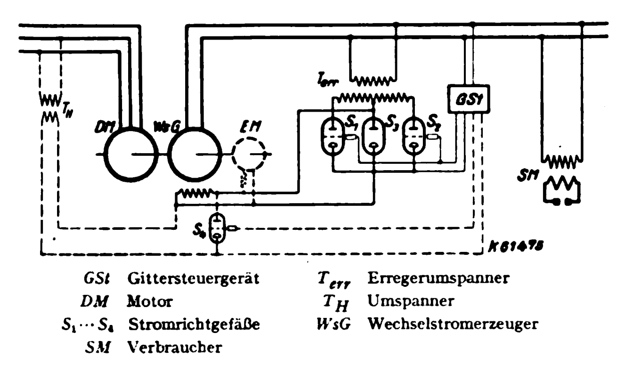
RUNDSCHAU.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.385 + 621.314.652 : 621.316.722

Einfache Röhrenstoßregler für Wechselstromerzeuger mit stark schwankender Last. [Nach C. Fröhmer und G. Seulen, AEG-Mitt. (1939) S. 95; 5 S., 9 Abb.]

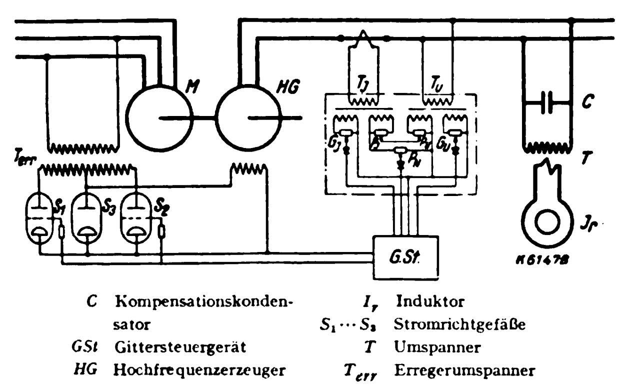
Im allgemeinen werden zur Reglung von Generatoren Kontaktregler verwendet, die im Feldkreis der Erregermaschine des Stromerzeugers arbeiten. Um jedoch für manche Sonderfälle eine möglichst große Regelgeschwindigkeit zu erzielen, sind Röhrenstoßregler entwickelt, die trägheitsfrei unmittelbar im Erregerkreis des Stromerzeugers ohne mechanisch bewegte Teile arbeiten. In Abb. 1 ist das Grundschaltbild eines solchen



GSt	Gittersteuergerät	T_{err}	Erregerumspanner
DM	Motor	T_H	Umspanner
$S_1 \cdots S_4$	Stromrichtgefäße	*WsG*	Wechselstromerzeuger
SM	Verbraucher		

Abb. 1. Grundschaltbild des Röhrenstoßreglers für Wechselstromerzeuger.

Röhrenstoßreglers gezeigt. An den Wechselstromerzeuger *WsG* ist als Verbraucher eine Schweißmaschine *SM* angeschlossen, deren Leistungsaufnahme im ungünstigsten Falle zwischen Null und Vollast im schnellen Wechsel schwankt. Zur Ausreglung der beim Belastungsstoß unvermeidlichen Spannungsabsenkung und der Spannungsüberhöhung bei der Entlastung dient der aus dem Erregerumspanner T_{err}, den Stromrichtgefäßen S_1 bis S_3 und dem Gittersteuergerät *GSt* bestehende Stoßregler, der im Bedarfsfall einen zusätzlichen Gleichstrom durch die Erregerwicklung des Stromerzeugers schickt. Dabei erfolgt die Steuerung der Hauptröhrengitter in Abhängigkeit von der eingestellten Nennspannung des Stromerzeugers in der Weise, daß bei Unterschreiten der Nennspannung die beiden Stromrichtgefäße voll geöffnet und bei



C	Kompensationskondensator	I_r	Induktor
GSt	Gittersteuergerät	$S_1 \cdots S_3$	Stromrichtgefäße
HG	Hochfrequenzerzeuger	*T*	Umspanner
		T_{err}	Erregerumspanner

Abb. 2. Schema des Röhrenstoßreglers für Hochfrequenzerzeuger mit Zusatzeinrichtung zur Leistungsreglung.

zu hoher Spannung gesperrt werden. Entsprechend dem „Ein"- und „Aus"-Spiel des Reglers stellt sich ein durch die Induktivität des Feldkreises geglätteter mittlerer Erregerstrom ein. Als Vergleichsglied zur Spannung des Stromerzeugers dient ein Glimmstreckenstabilisator, der eine genügend konstante Gleichspannung liefert. In neueren Anlagen wird die im Schaltbild gestrichelt dargestellte Erregermaschine fortgelassen, so daß die gesamte Erregung des Stromerzeugers von dem Röhrenstoßregler erfolgt. Ist der Röhrenstoßregler, wie in Abb. 1 gezeigt, an das Verbrauchernetz angeschlossen, so kann die Auferregung des Stromerzeugers über den Umspanner T_H und das Gleichrichtergefäß S_4 aus einem fremden Netz erfolgen. Hat die Auferregung stattgefunden, so wird S_4 selbsttätig durch Gittersteuerung gesperrt.

Der dargestellte Regler ist nicht nur zur Spannungsreglung verwendbar, sondern kann bei entsprechender Ausbildung des Eingangsgliedes auch als Strom- oder Leistungsregler verwendet werden. Abb. 2 zeigt die Ausbildung des Röhrenstoßreglers für einen Hochfrequenzerzeuger mit den Zusatzeinrichtungen zur Leistungsreglung. In diesem Fall wird der geregelte Hochfrequenzerzeuger zum Speisen von Induktoren verwendet, mit denen Oberflächenhärtungen von Stahlteilen vorgenommen werden. Auch hier ist die Belastung häufig stoßweise, sie schwankt zwischen Nullwert und Höchstlast. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Oberflächenerhitzung ist es bei solchen Anlagen erwünscht, die Leistung während der nach Sekunden messenden Erhitzungszeit gleichzuhalten, obwohl sich der ohmsche und der induktive Widerstand im Lastkreis infolge der Erwärmung ändern. Die Bildung des leistungsproportionalen Meßwertes ist in diesem Fall so vorgenommen, daß das Produkt von Strom und Spannung durch die Summe nachgebildet wird und der Summenwert dem Gittersteuergerät für die Hauptröhren zugeführt wird.

Wie die Abb. 2 zeigt, liegt im Verbraucherkreis des Hochfrequenzerzeugers *HG* der über einen Umspanner *T* angeschlossene Induktor I_r und eine zur Kompensierung der Lastinduktivität vorgesehene Kondensatorbatterie *C*. Mit den Aufwärtstransformatoren T_I und T_U und den Potentiometern P_I und P_U wird die Summierung der Strom- und Spannungswerte vorgenommen. Der zur Ausreglung benötigte Teil des gebildeten Wertes wird dem Gittersteuergerät vom Potentiometer P_N zugeführt. Die zusätzlich angeordneten Regelwiderstände G_I und G_U verhindern, daß der Hochfrequenzerzeuger bei ungünstigen Lastverhältnissen auf einen zu hohen Strom oder eine übermäßig hohe Klemmenspannung geregelt wird. *eb.*

DK 621.314.27

Mehrphasige starre Umrichter zur Erzeugung von niedrigeren Frequenzen aus dem 50 Hz-Drehstromnetz. [Nach G. Reinhardt, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 294; 5½ S., 9 Abb.]

Mehrphasige starre Umrichter zur Speisung von Drehstromnetzen mit niedrigeren Frequenzen aus dem 50 Hz-Drehstromnetz können praktisch die Frequenzen 33,3, 30, 21,4, 20 und 16,7 Hz erzeugen. Die Schaltung der Umrichter kann primärseitig zwei- oder dreiphasig gewählt werden. Die zweiphasige Schaltung (Scott-Schaltung) hat im Vergleich zur dreiphasigen Schaltung den Nachteil, daß die erzeugten Spannungen einen höheren Oberwellengehalt aufweisen und verschiedene Kurvenformen haben. Bei der dreiphasigen Schaltung lassen sich die Oberwellen durch geeignete Schaltungen der Transformatoren mühelos verringern und die dritten Oberwellen und ihre Vielfachen gänzlich unterdrücken.

Die richtige Phasenlage des sekundären Drehstromsystems erfordert Zickzackschaltungen in den Fällen, wo die bei der Umrichtung erhaltenen Spannungen einen nicht durch 60° teilbaren Phasenwinkel, bezogen auf 50 Hz, einschließen. Bei der gebräuchlichen Schaltung von F. W. Meyer erhält der 50 Hz-Transformator sekundärseitig je Phase der erzeugten Spannung zwei Wicklungssterne; die Kathode des Stromrichters ist geerdet und an die Mittelanzapfung des Ausgangstransformators angeschlossen.

Für die dreiphasige Schaltung des Umrichters errechnet sich die sekundäre Leistung des 50 Hz-Transformators $\left(N^{\bullet}_{T_1 s}\right)$ im Verhältnis zur abgegebenen Scheinleistung (N_2) zu

$$N_{T_1 s} = \frac{N^{\bullet}_{T_1 s}}{N_2} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\Sigma I_p}{I_2} \cdot \frac{U_1}{U_{2v}} \cdot f_{ws}.$$

Dabei bedeuten U_1 die Primärspannung, I_p den Strom auf der Sekundärseite des 50 Hz-Transformators, U_{2v} und I_2 die abgegebene Spannung bzw. den abgegebenen Strom des Ausgangstransformators und f_{ws} den Wickelfaktor (1 bis 1,09).

Die Typenleistung hängt vom Leistungsfaktor und den Oberwellen ab. Die primäre Scheinleistung wird unterhalb eines

Digitized by Google

sekundären Leistungsfaktors $\cos \varphi_2 = 0{,}9$ etwa gleich der sekundären Scheinleistung. Die Typenleistung des 50 Hz-Transformators ist daher $N_{T_1} = \frac{N_{T_1 s} + 1}{2}$; die Werte hierfür liegen zwischen 1,56 und 2,18.

Bei Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom kann der 50 Hz-Transformator eine Gleichstrom-Magnetisierung erhalten; diese Erscheinung läßt sich nicht beseitigen und kann beim Abschalten von Kurzschlüssen hohe Überspannungen hervorrufen.

Die Typenleistung des Ausgangstransformators errechnet sich bei sterngeschalteter Sekundärseite zu $N_{T_2} = 2{,}32 \cdot \frac{U_{2\,p\,m}}{U_{2\,v}}$, wobei $U_{2\,p\,m}$ der arithmetische Mittelwert aller Phasenspannungen auf der Primärseite des Ausgangstransformators ist. Die Werte der Typenleistung liegen zwischen 1,27 und 1,36.

Das Stromrichtergefäß wird ebenso wie die Transformatoren im Umrichterbetrieb erheblich ungünstiger beansprucht als beim Gleichrichter; das Verhältnis vom Scheitelwert zum Effektivwert des Anodenstromes ist doppelt so hoch wie bei Gleichrichtern. *E. Schu.*

DK 621.314.1 : 621.317.311 + .32.024

Gleichstrom-Meßwandler. [Nach H. Ritz, Arch. techn. Messen (1938) Lfg. 87 V 3213—2.]

Die Meßverfahren, die auf der Grundlage gleichstromvormagnetisierter Drosselspulen[1]) beruhen, werden eingehend behandelt.

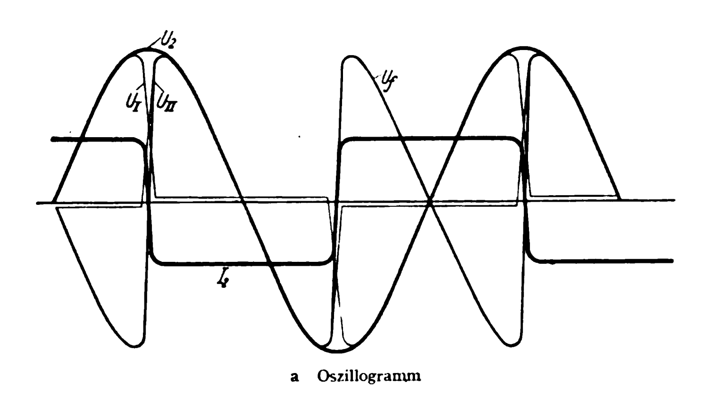
Nach der bekannten Schaltung von Besag[2]) wird durch Gegenschaltung zweier gleicher Drosselspulen vermieden, daß die Hilfswechselspannung in den Gleichstromkreis des Gleichstromwandlers hineintransformiert wird.

Gleichstromvormagnetisierung besitzen wegen ihrer Steilheit innerhalb einer sehr hohen Wechselinduktionsänderung einen vernachlässigbar geringen Unterschied in der Aufnahme des Magnetisierungsstromes. Die Besag-Schaltung mit Nickeleisenkernen, die zum ersten Male wohl von Keinath[1]) angegeben wurde, stellt eine Gegenschaltung zweier Drosselspulen dar, die im Zeitpunkt des Nulldurchgangs des Wechselfeldes, das mit der Hilfswechselspannung U_2 verkettet ist, den Strom $I_2 = 0$ aufnehmen. In diesem Zeitpunkt liegen an den beiden Drosselspulen die Teilspannungen $U_I = U_{II} = U_2/2$, wie das Oszillogramm (Abb. 3a) zeigt. In einem kleinen Zeitelement später wird die Spannung U_I der einen Drosselspule gleich U_2 und die Spannung U_{II} der zweiten Drosselspule gleich Null, denn die Drosselspule II wird jetzt gesättigt. Der Strom, den die beiden gegeneinander geschalteten Drosselspulen jetzt aufnehmen, kann jedoch nicht über alle Grenzen wachsen, weil dieser durch die Drosselspule I begrenzt wird, die im gedachten Zeitpunkt den größten magnetischen Widerstand besitzt. In der nächsten Halbwelle kehren sich die Verhältnisse bezüglich Drossel I und II um, die Wirkung der Anordnung bleibt die gleiche.

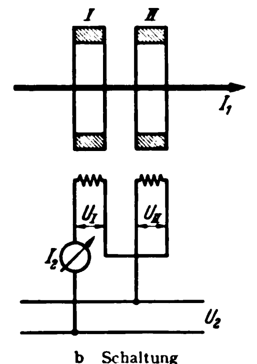
Durch die Steilheit der Magnetisierungskurve wird der Stromverlauf I_2, wie das Oszillogramm zeigt, ein rechteckiger.

Krämer hat gezeigt, daß durch Gleichrichtung von I_2 ein idealer Gleichstrom erzeugt werden kann und mit dem Wandler dieser Ausführung Wellenströme formgetreu übertragen werden können.

Der Gleichstromwandler in der nach Besag bekanntesten Reihen-Gegeneinanderschaltung zweier Drosseln mit Nickeleisen besitzt außer dem großen Vorteil der Spannungs- und Belastungs-Unabhängigkeit und einer hohen Hysterese- und Frequenz-Unabhängigkeit den oben schon erwähnten Nachteil,



a Oszillogramm



b Schaltung

I_1 zu messender Gleichstrom
I_2 Hilfswechselstrom
U_I, U_{II} Teilwechselspannungen der beiden Drosseln
U_2 aufgedrückte Hilfswechselspannung
U_f Wechselspannung doppelter Frequenz im Gleichstromkreis

Abb. 3. Zwei gleichstromvormagnetisierte Drosseln in Reihen-Gegeneinanderschaltung nach Besag.

Es ist bekannt, daß die durch die Sättigung des Eisens bedingte Verzerrung des Wechselflusses die Entstehung einer Wechselspannung doppelter Frequenz zur Folge hat und diese doppelte Frequenz durch die Maßnahme der Gegenschaltung zweier Drosselspulen nicht vom Gleichstromkreis ferngehalten werden kann. Rottsieper[3]) hat diese doppelte Frequenz zur Gleichstrommessung benutzt, Someda[4]) hat eine Kurzschlußwicklung zur Unterdrückung der doppelten Frequenz im Gleichstromkreis benutzt.

Der Verfasser untersucht den Einfluß der Wechselspannung doppelter Frequenz auf die Meßgenauigkeit als Funktion des Widerstandes im Gleichstromkreis.

Ein neuer Gleichstrommeßwandler wird angegeben, bei dem eine einzige Drosselspule, die vom Hilfswechselstrom durchflossen wird, so als Teil in den gleichstrommagnetisierten Kreis eingebaut wird, daß der Gleichstrom die Wechselstromdrosselspule vormagnetisieren muß, der Wechselstrom aber in den Gleichstromkreis nicht hineintransformiert werden kann. Für einen Wandler bis 15 000 A Gleichstrom werden die Fehlerkurven mitgeteilt. Bei allen diesen Wandlern ist die Konstanz der Hilfswechselspannung zur Erreichung einer hohen Meßgenauigkeit erforderlich.

Neuere Untersuchungen von Krämer[5]) haben gezeigt daß mit Hilfe der Besag-Schaltung bei Verwendung von Drosselspulen mit Nickeleisen auf eine Konstanthaltung der Hilfswechselspannung verzichtet werden kann, denn die Wechselstrom-Magnetisierungskurven von Nickeleisen $\mathfrak{B} = f\,[\mathfrak{H}]$ bei

[1]) G. Hauffe, ETZ 58 (1937) S. 937 u. 989.
[2]) E. Besag, ETZ 40 (1919) S. 436; DRP. 272748.
[3]) K. Rottsieper, Arch. techn. Messen V 3216—1 (Aug. 1933).
[4]) G. Someda, Elettrotecnica 22 (1935) S. 206.
[5]) W. Krämer, ETZ 58 (1937) S. 1309.

daß eine Wechselspannung doppelter Frequenz, die in den Gleichstromkreis induziert wird, hier nicht mehr durch eine Dämpfungswicklung unterdrückt werden kann.

Eine Verhinderung der Wechselspannung doppelter Frequenz in dem Gleichstromkreis ist jedoch bei einer Parallel-Gegeneinanderschaltung der beiden Drosseln nach Besag möglich, wie von Krämer[2]) neuerdings ausgeführt wurde.

Die Besag-Schaltung mit Nickeleisen gestattet, jede Ausführung eines Wechselstromwandlers mit zwei gleichen Kernen als Gleichstromwandler zu bemessen, so daß rein äußerlich keine Unterscheidungsmerkmale außer dem Anschluß der Hilfswechselspannung mehr vorhanden sind.

Gleichstromwandler sind demnach für praktisch sämtliche Stromstärken und für sämtliche Spannungen in Wechselstromwandlerbauarten ausführbar. *Vb.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 614.8 : 621.315.1.027.3 : 632.9

Anspritzen von Leitungen mit Baumspritzflüssigkeiten. [Nach Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 73; 2½ S., 4 Abb.]

Zur Förderung des Obstbaues werden in der Schweiz die Obstbäume mit Flüssigkeiten gespritzt. Hierbei besteht die Gefahr, daß sowohl der Spritzstrahl als auch die Spritzstange in Berührung mit elektrischen Leitungen geraten. Von den

[1]) G. Keinath, Arch. techn. Messen (März 1933), V 3210—1.
[2]) W. Krämer, ETZ 59 (1938) S. 1295.

Digitized by Google

zentralschweizerischen Kraftwerken Luzern wurden eingehende Versuche über die Gefährdung von Menschen bei dieser Tätigkeit angestellt. Die Spritzstange besteht aus einem etwa 4 bis 5 m langen Messingrohr, welches zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit in einem Bambusrohr eingezogen ist. Die Versuche ergaben, daß beim Anspritzen mit dem aufgelösten Strahl eine Gefährdung nicht mehr besteht, eine Feststellung, die im übrigen auch früher an anderer Stelle getroffen worden ist. Die Versuche haben ergeben, daß auch eine Leitung mit 50 kV Betriebsspannung in einer Entfernung von etwa 1 m angespritzt werden kann, wenn nur die Flüssigkeit zerstäubt aus der Spritzdüse austritt. Allerdings ist bei den langen Stangen die Gefahr einer metallischen Berührung der Spritzdüse mit der Leitung sehr groß. Es wird in der Arbeit vorgeschlagen, die Metallrohre durch Einfügen eines Isolierrohres zu verbessern. Ergebnisse von Versuchen mit dieser Anordnung liegen nicht vor. *Ili.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.39 : 550.837

Experimentelle Grundlagen des Dipol-Induktionsverfahrens. [Nach M. Rössiger, Z. Geophys. 15 (1939) S. 83; 5 S., 2 Abb.]

Bei geophysikalischen Untersuchungen nach dem Induktionsverfahren wird in dem zu untersuchenden Erdreich durch eine gegen Erde völlig isolierte, wechselstromdurchflossene Leiterschleife ein magnetisches Wechselfeld (Primärfeld) erzeugt und das Sekundärfeld der im Untergrunde induzierten Ströme mit einer Meßspule (sog. Induktionsrahmen) nach Größe und Phase ausgemessen. Durch die theoretischen Arbeiten von A. Graf[1]) und S. S. Stefanescu[2]) sind die Grundlagen der Anwendbarkeit der Induktionsverfahren, insbesondere des meist als „Ringsendemethode" bezeichneten Verfahrens, soweit geklärt worden, daß sich eine eingehende entsprechende experimentelle Behandlung nahelegt.

M. Rössiger berichtet über eine neue geophysikalische Einrichtung zur praktischen Durchführung der Ringsendemethode, die sich theoretisch und meßtechnisch am einfachsten gestaltet, wenn man die Messungen mit dem Induktionsrahmen nur in größeren Abständen von der Sendeschleife vornimmt, so daß das magnetische Feld dieser Schleife in seinen Wirkungen demjenigen eines Dipols gleichgesetzt werden kann (Dipol-Induktionsverfahren). Mit einer tragbaren Maschinen- und Schleifenanordnung (Gewicht der ringförmigen Sendeschleife mit 10 Windungen von 20 m Dmr: 120 kg, Gewicht des 5,5 PS-Benzinmotors mit 2,5 kW-Generator für 55 Hz: 150 kg) kann bei 2 bis 2,5 kW Maschinenleistung ein magnetisches Moment von $6 \cdot 10^7$ [cgs] erzielt werden. Die hierbei in dem Induktionsrahmen induzierten Wechselspannungen liegen in der Größenordnung 10^{-7} V und darunter und können nicht nur im Gelände, sondern schon im Laboratorium nicht mehr ganz leicht gemessen werden. Nur bei Innehaltung der saubersten experimentellen Meßbedingungen, bei strenger Trennung von Primär- und Sekundärfeld und bei Ausschaltung aller sonstigen Störungen ist hier ein Erfolg möglich. Der Induktionsrahmen (Flachspule mit 3000 Windungen von 40 cm Dmr., Gesamtwindungsfläche 370 m², Gleichstrom-Widerstand 1200 Ω, Induktivität 8 Hy) ist auf einem Stativ dreh- und kippbar angeordnet, die jeweils eingestellten Dreh- und Kippwinkel können an entsprechend angebrachten Skalen (Kreisteilungen) abgelesen werden. Außerdem ist noch eine Visiereinrichtung vorgesehen. Zur Messung der im Induktionsrahmen jeweils induzierten Wechselspannungen wird eine Sonderausführung des von W. Geyger[3]) angegebenen komplexen Kompensators benutzt, wobei ein Vibrationsgalvanometer mit Dreiröhrenverstärker als Nullinstrument dient. Mit einem zweiten Kompensator („Entstörungs-Kompensator") kann vor jeder Messung eine unerwünschte Störspannung, die zu einer Unsymmetrie der Meßgrößen bei den verschiedenen Rahmenstellungen und Polungen führen würde, beseitigt werden. Die Verwendung eines Vibrationsgalvanometers bringt gegenüber der bei geoelektrischen Untersuchungen mit Wechselströmen von 500 Hz üblichen Benutzung eines Telephons den großen Vorteil der optischen Ablesung und ergibt außerdem noch den Vorteil der Grundwellen-Selektivität, die im Hinblick auf Störspannungen von anderer Frequenz und aperiodische Störerscheinungen von besonderer Bedeutung ist. *Ggr.*

---

1) A. Graf, Beitr. angew. Geophys. 4 (1933) S. 1.
2) S. S. Stefanescu, Beitr. angew. Geophys. 5 (1935) S. 182 und 6 (1936) S. 168.
3) W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 23 (1929) S. 109.

Lichttechnik.

DK 621.327.3 : 535.37

Leuchtstoff-Quecksilberdampf-Lampen. [Nach J. Guanter, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 33; 2½ S., 0 Abb.]

Zunächst wird über die physikalischen Grundlagen der Quecksilberdampflampen berichtet, also die Abhängigkeit der Verschiebung des Strahlungsmaximums von dem Dampfdruck, die Verteilung der Energie über das gesamte Spektrum mit dem Dampfdruck als Parameter. Weiter werden dann die am meisten verbreiteten Typen der Hg-Lampen, die HgQ 300 und HgQ 500 nebst ihren Abarten, in ihren wichtigsten Daten besprochen. Bei den Typen HgL 300 und HgL 500, die dieselben Aufbauelemente wie die HgQ 300 und HgQ 500 haben, wird der dort unverwertete kurzwellige Strahlungsanteil über Phosphore in sichtbares Licht umgewandelt, das gleichzeitig das Gesamtspektrum in geeigneter Weise auffüllt. Es wird ferner angegeben, an welchen Stellen die besprochenen Lampen mit Erfolg eingesetzt werden können. *I. K.*

DK 621.327.3 + 535.37

Raumbeleuchtung mit Leuchtstoffröhren. [Nach H A. Miller, Electr. Rev., Lond. 124 (1939) S. 123; 1½ S., 5 Abb.]

Für die Beleuchtung von Innenräumen sind die Leuchtstoffröhren wegen ihrer hohen Wirtschaftlichkeit und geringen Leuchtdichte gut geeignet. Es werden Angaben gemacht, in welchen Verhältnissen verschiedenfarbige Lampen einzusetzen sind, um bestimmte Farbwirkungen zu erzielen. Außerdem wird eine allgemeine Formel angegeben, aus der für eine vorgegebene Raumbeleuchtung die Anzahl irgendeiner bestimmten Leuchtröhrentype und deren Abstand untereinander errechnet werden kann. *I. K.*

Elektrowärme.

DK 621.365.45.036.9

Temperaturerhöhung von Handgriffen. [Nach M. van der Held, Elektrowärme 9 (1939) S. 31; 3 S.]

Für die gefahrlose Handhabung elektrischer Geräte spielt außer dem Berührungsschutz die Temperatur der berührbaren Geräteteile, insbesondere der Handgriffe, eine wichtige Rolle. Da die Messung der auftretenden Temperaturen häufig schwierig oder umständlich ist, untersucht der Verfasser die Möglichkeit, die Temperatur von Handgriffen aus den physikalischen Eigenschaften des Werkstoffes und der für die menschliche Haut ertragbaren Temperatur und des zulässigen Wärmestromes zu bestimmen.

Bei kurzzeitiger Berührung ist nur die durch die Hand ertragbare Temperatur wichtig; der aus Wärmeleitfähigkeit λ, spezifischer Wärme c und Wichte γ des Handgriffwerkstoffes bzw. der Hand gebildete Festwert b_2 bzw. b_1 ($b = \sqrt{c\,\gamma\,\lambda}$) ist für die Einstellung des Wärmestromes vom Handgriff zur Hand maßgebend. Versuche ergaben für die menschliche Hand im Mittel eine Oberflächentemperatur von 32,5° C, während b_1 für die Hand zu rd. 16 angenommen werden muß. Mit einer höchstzulässigen Temperatur der Trennfläche von 45° C ergibt sich die höchstzulässige Oberflächentemperatur des Handgriffes zu $\Theta_2 = 45 + 200/b_2$. Die folgende Tafel gibt (auszugsweise) die Werte b_2, Θ_2 auf Grund vorstehender Gleichung und durch Versuche bestimmte Werte von Θ_2 von für die Praxis wichtigen Werkstoffen.

Werkstoff	b_2	Θ_2 berechnet °C	Θ_2 exper. °C
Cu	513	45,4	45
Fe	200	46,0	45
Porzellan	23	53,7	55
Pyrex-Glas	19,9	55,1	55
Flint-Glas	14,8	58,5	—
Schamotte Stein II (γ = 1,784)	13,5	59,8	—
Holz	10	65,0	65
Hartgummi	7,5	71,7	—

Für die angenäherte experimentelle Bestimmung des Faktors b_2 von Werkstoffen, deren c, γ und λ nicht bekannt sind, wird ein einfaches Verfahren angegeben.

Bei dauernder Umfassung eines Handgriffes, z. B. beim Bügeleisen, spielt außer der Temperatur auch der dauernd zulässige Wärmefluß vom Griff zur Hand eine Rolle, der zu etwa 500 kcal/m²h versuchsmäßig bestimmt wurde. Der Verfasser beschreibt ein einfaches Verfahren, das unter möglichster Nachahmung der Betriebsbedingungen festzustellen gestattet, ob

Digitized by Google

die Erwärmung des Griffes genügend niedrig bleibt. Auf eine solche Messung kann jedoch verzichtet werden, wenn der Wärmestrom von vornherein kleiner als 500 kcal/m²h ist; dies läßt sich für den ebenen und zylindrischen Fall rein rechnerisch ermitteln. Für einen zylindrischen Handgriff, der für die Praxis besonders wichtig ist, ergibt sich ein Wärmestrom von 500 kcal/m²h, wenn

$$R_2 \ln \frac{R_2}{R_1} = \frac{\sqrt{a_2}}{2{,}5} \text{ ist}$$

($a_2 = \frac{\lambda}{c\gamma}$ = Temperaturleitwert des Handgriffwerkstoffes; R_2 und R_1 Außen- und Innenhalbmesser); für einen hölzernen Handgriff von 2 cm Außendurchmesser ergibt sich so ein Metallkern von höchstens 4 mm Dmr.

[Anmerkung des Berichters: Während die VDE-Vorschriften, z. B. die für Elektrowärmegeräte (VDE 0720/1937) keine Angaben für die zulässigen Temperaturen betriebsmäßig berührter Handgriffe enthalten, sieht z. B. der Entwurf der IFK-Vorschriften[1]) für Elektrowärmegeräte solche Bestimmungen vor, wobei in „betriebsmäßig langdauernd umfaßte" und „betriebsmäßig kurzzeitig umfaßte" Handgriffe und in verschiedene Werkstoffgruppen entsprechend dem Festwert b unterteilt ist; die Ergebnisse vorstehender Untersuchungen sind dabei weitgehend berücksichtigt.

Gruppe	b	Werkstoff	zulässige Übertemperatur in °C bei langdauernder Umfassung	bei kurzzeitiger Umfassung
I	$b > 50$	Metalle	25	30
II	$50 > b > 14$	Porzellan, Steatit, Glas u. glasartige Stoffe	30	35
III	$14 > b > 8$	Isolierpreßstoff und Holz	40	50
IV	$8 > b$	Hartgummi	50	60

Unter Zugrundelegung einer Raumtemperatur von 20° stimmen die nach IFK zulässigen Werte im wesentlichen mit den Angaben von van der Held überein. Es wird zu erwägen sein, derartige Bestimmungen auch in die entsprechenden VDE-Vorschriften aufzunehmen.] *Sng.*

Verkehrstechnik.

DK 625.62

Die Unterpflasterstrecke der Straßenbahn der Stadt der Reichsparteitage — Nürnberg.

Es ist bekannt, daß durch die Erhebung der Stadt Nürnberg zur Stadt der Reichsparteitage an die dortigen Verkehrsmittel an wenigen Tagen des Jahres ganz einzigartige Aufgaben in der Massenbeförderung gestellt werden. Wurden doch beispielsweise bei einer Einwohnerzahl der Stadt Nürnberg von 420 000 am Tage der Wehrmacht 1938 weit mehr als 1 Mill. beförderte Personen gezählt.

Dem Ausbau dieser Verkehrsmittel, die zum Reichsparteitaggelände führen, war daher besondere Aufmerksamkeit zu schenken[2]). Dazu zählt auch die neue Unterpflasterstrecke der Straßenbahn vor der SS-Unterkunft, deren elektrotechnisch interessanten Einrichtungen kurz beschrieben werden sollen.

In zwei Straßen, welche Straßenbahnlinien enthalten, die aus dem Stadtinnern kommen, in der Allersberger und Frankenstraße — wurden je eine zweigleisige Rampe angelegt mit etwa 3% Gefälle, denen sich zwei Unterpflasterstrecken anschließen, welche sich nach ihrer Vereinigung zu einem viergleisigen Tunnel erweitern (Abb. 4). Anschließend an den viergleisigen Tunnel ist in einer offenen Wanne ein Straßenbahnhof für Massenverkehr angeordnet, welcher eine Umkehrschleife enthält und aus welchem ebenfalls wieder durch eine Unterpflasterstrecke und eine anschließende Rampe die nach dem Stadion führende Oberflächenbahn erreicht wird. Die Unterpflasterstrecke ist 562 m lang und wurde in der kurzen Bauzeit von 6 Monaten im Jahre 1938 erbaut und wenige Tage vor dem Reichsparteitag 1938 dem Betrieb übergeben.

Die Fahrleitung hat an den Rampen Vielfachaufhängung, in der Wanne, die den Straßenbahnhof enthält, wurden Flachketten als Ausführungsart gewählt, da die Wanne noch einem weiteren Ausbau in diesem Jahre unterliegt.

Mit Rücksicht auf die Vermeidung von Riffelbildungen am Fahrdraht wurde auch im Tunnel die Aufhängung an Querdrähten, welche 20 cm unter der Tunneldecke aufgehängt sind, gewählt. Außerdem wurde in den Tunnels doppelter Fahrdraht verwendet, um Bügelschäden, veranlaßt durch Fahrdrahtbruch, möglichst zu vermeiden.

Besondere Aufmerksamkeit erforderte die Isolierung der Fahrleitung in den Rampen dort, wo die Fahrleitung etwa in Höhe des abschließenden Holzgeländers liegt. Die Entfernung der Fahrleitung von dem Holzgeländer beträgt 2 m und mehr. Nach Verhandlungen mit der Straßen- und Kleinbahn-Berufsgenossenschaft wurde zur Sicherheit gegen elektrische Unfälle

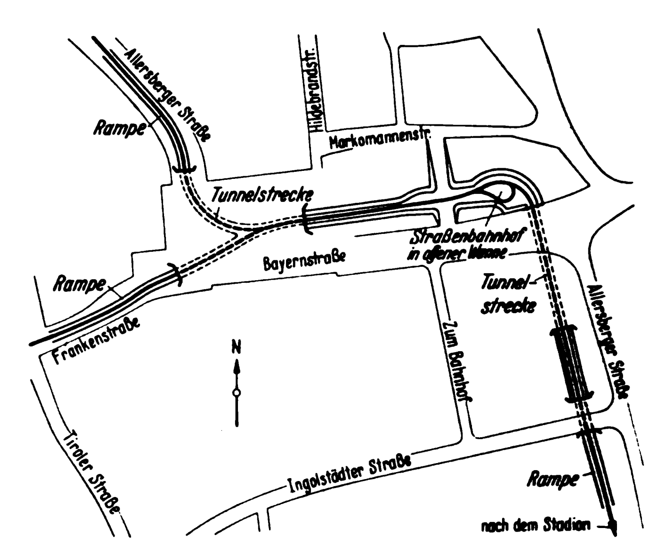


Abb. 4. Unterpflasterstrecke vor der SS-Unterkunft in Nürnberg.

das Tragseil an dieser Stelle geerdet und durch Blechtafeln mit der Aufschrift „Hochspannung! Vorsicht Lebensgefahr!" mit Blitzpfeil vor der Berührung gewarnt. Diese Maßnahmen wurden im Benehmen mit dem Reichsbevollmächtigten für Bahnaufsicht für ausreichend erachtet.

Am Tunnelmund, wo der Fahrdraht von obenher der Berührung in leichter Weise zugänglich erscheint, wurde eine Holzabdeckung über dem Fahrdraht auf eine Länge von etwa 3 m angeordnet.

Während die von der Frankenstraße nach dem Bahnhof Kongreßhalle führende Unterpflasterstrecke durchweg geradlinig verläuft, enthält die andere von der Allersberger Straße kommende einen Gleisbogen von 194 m mittleren Halbmesser (Abb. 5). Die Sichtweite in diesem Tunnel ist daher erschwert und um am Reichsparteitag eine möglichst dichte Zugfolge für den Massenverkehr zu erreichen, mußte in dieser Strecke eine optische Signalanlage eingebaut werden.

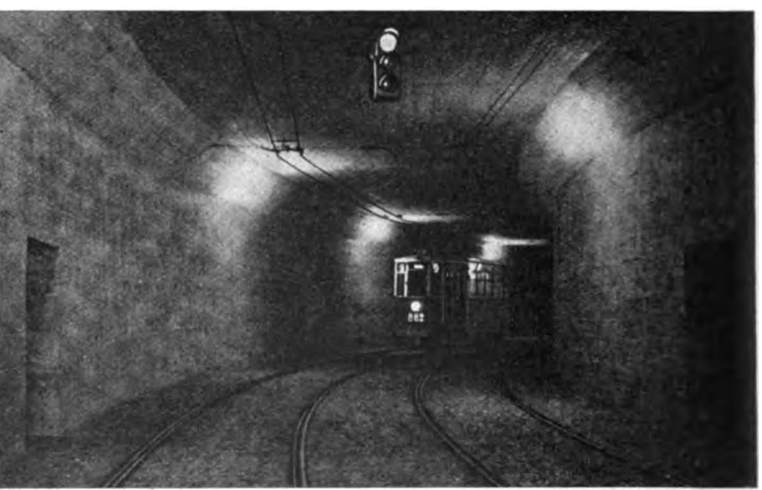


Abb. 5. Unterpflastertunnel im Zuge der Allersberger Straße.

[1]) Vgl. ETZ 60 (1939) S. 223.
[2]) P. Bayer, Verkehrstechn. 19 (1938) S. 577.

Digitized by Google

Gewählt wurde ein Dreifarben-System, das ein Aufrücken gestattet (Abb. 6). Verwendet wurden auf Vorschlag des Reichsbevollmächtigten für Bahnaufsicht die Farben Grün — Gelb — Orange. Es bedeuten:

Grün — freie Fahrt,
Grün-Gelb — übernächste Signalstrecke vom Vorzug besetzt,
Orange — langsame Fahrt, Vorzug in der nächsten Signalstrecke.

Die Signalstrecken sind jeweils 42,5 m lang und die Signale selbst gegenüber den steuernden Oberleitungskontakten um 35 m vorgezogen, so daß sich in Anbetracht der Sichtentfernungen der Signale Sicherheitsabstände

bei Grün-Gelb-Signal von 123 m,
bei Orange-Signal von 80 m

ergeben.

Die dreipoligen Relais sind vom Fahrleitungsstrom gesteuerte Quecksilberschalter. Die Signalanlage selbst wird mit Wechselstrom 220 V betrieben.

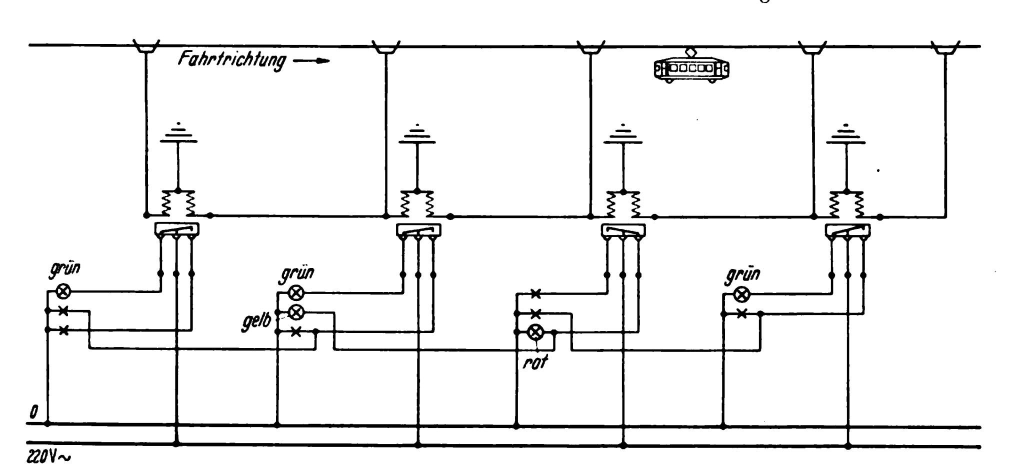


Abb. 6. Schaltbild der Signalanlage.

Der Massenverkehr am Reichsparteitag wird in dem erwähnten Straßenbahnhof, wie übrigens auch an verschiedenen anderen Stellen mittels eines Verkehrsturmes geregelt. Der Verkehrsturm enthält außer Telephon und Großlautsprecher auch eine Rundspruchanlage, die am Reichsparteitag 1938 erstmalig verwendet wurde und die sich zu diesem Zweck außerordentlich bewährt hat; sie gestattet, sich auf rasche und einfache Weise mit den verschiedensten wichtigen Verkehrsknotenpunkten und mit der zentralen Verkehrsleitung in Verbindung zu setzen. Fr. Schwend VDE.

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 66

Der elektrische Antrieb in der chemischen Industrie. [Nach einem Vortrag[1]) von H. Göschel am 23. 1. 1939 in der T. H. Berlin.]

Der Elektromotor dient in der chemischen Industrie in der Hauptsache:

a) zum Antrieb von Mühlen, Mischern und Zentrifugen für die Zerkleinerung, Mischung und Trennung von Ausgangs- und Zwischenerzeugnissen,
b) zum Antrieb von Kolben- und Turboverdichtern für chemische Reaktionen, die nur unter Überdruck vor sich gehen,
c) zum Antrieb von Gebläsen, Pumpen und Breipressen, die die Bewegung vom Ausgangserzeugnis bis zum Enderzeugnis bzw. in den Kreisläufen aufrecht erhalten.

An die Betriebssicherheit der elektrischen Antriebe werden in der chemischen Industrie die höchsten Anforderungen gestellt, da infolge der engen Verflochtenheit aller Anlageteile der Ausfall einer einzigen Pumpe, eines Gebläses oder eines Verdichters zur Stillsetzung des ganzen Werkes und zu einem entsprechenden Ausfall der laufenden Erzeugung führen kann.

Die elektrischen Antriebe in der chemischen Industrie laufen in den meisten Fällen im ununterbrochenen Tag- und Nachtbetrieb (8000 St./Jahr), worauf — insbesondere bei Großantrieben — schon bei der Planung Rücksicht zu nehmen ist. Es muß in jedem Einzelfall geprüft werden, ob der Motor diesem monate- bzw. jahrelangen Dauerbetrieb gewachsen ist; durch Verwendung besonders hochwertiger Isolation, durch Überbemessung, Verstärkung der Lager usw. kann die Lebensdauer dieser Dauerbetriebsmotoren nicht unwesentlich heraufgesetzt werden. Die Aufrechterhaltung des Dauerbetriebes hängt selbstverständlich auch von der Sicherheit der Stromversorgung, der Verteilungs- und Schaltanlagen ab. In wichtigen chemischen Industrie-Anlagen befinden sich zwei völlig getrennte Netze; bei dem Ausfall eines Netzes oder eines Netzteiles werden die wichtigsten Antriebe durch selbsttätige Umschalteinrichtungen sofort auf das Reservenetz umgeschaltet.

Die chemischen Anlagen sind meist durchzogen von Heißgas- und Dampf-Leitungen aller Art. Die Antriebe sind deshalb häufig den Beanspruchungen von hoher Raumtemperatur oder von Strahlungswärme ausgesetzt. Die beste Sicherheit gegen diese Art der Sonderbeanspruchung bietet die Zuführung von frischer Außenluft als Kühlmittel oder die Verwendung eines wassergekühlten Ringlaufkühlers. Auf jeden Fall wird man hitzebeständige Isolation vorsehen. Gegen Strahlungswärme helfen große Asbestschirme, die den Motor nach der Strahlungsseite hin abschirmen. Bei dem Antrieb von Heißgas-Gebläsen werden wassergekühlte Zwischenlager genommen; da bei derartigen Maschinen leicht Parallelverschiebungen der Welle auftreten, müssen Sonderkupplungen angewandt werden, die diese Verschiebungen ausgleichen können.

Bei der Planung elektrischer Antriebe für die chemische Industrie müssen in erster Linie auch die atmosphärischen Verunreinigungen berücksichtigt werden, die in Form von Gasen, Dämpfen und Stauben zu schweren Schädigungen führen können. In den meisten Anlagen kommen chemisch angreifende Gase vor, wie z. B. Chlor, Ammoniak, Säuredämpfe, Benzin- und Benzol-Dämpfe, Schwefel-Kohlenstoff und Aceton. Einige der Gase wirken zerstörend auf bestimmte Metalle, die meisten auch auf organische Isolierstoffe, Anstriche usw. Zerstörungsbegünstigend sind Feuchtigkeit, hohe Drücke und Temperaturen, sowie lange Einwirkungszeit. In chemischen Betrieben werden fast ausschließlich Kurzschlußläufermotoren verwendet, die infolge ihrer einfachen Bauart gegen die atmosphärischen Verunreinigungen am unempfindlichsten sind. Die Motoren werden gewöhnlich in vollständig geschlossener Form, mit Oberflächen- oder Röhren-Kühlung vorgesehen, in Sonderfällen sogar mit Durchzugbelüftung. Darüber hinaus besitzen die Motoren eine Sonderisolation und gegebenenfalls säurefeste Schutzanstriche.

In sehr vielen chemischen Anlagen, insbesondere in den Hydrier-, Buna- und Ammoniakwerken kommen Gase vor, die zusammen mit Luft explosionsgefährliche Gemische bilden. Es ist selbstverständlich, daß der Explosionsgefahr nicht nur durch entsprechende konstruktive Gestaltung der Antriebe begegnet werden kann[1]). Wenn sich überhaupt in einem Raum explosionsgefährliche Gas-Luft-Gemische in gefahrdrohender Menge befinden, so stellt der an der elektrischen Einrichtung evtl. entstehende Funke nur einen Bruchteil der Möglichkeiten dar, die eine Explosion auslösen können. Viel zahlreichere Möglichkeiten liegen in dem Zusammenprall von Metall auf Metall, in Unachtsamkeiten des Bedienungspersonals und in elektrostatischen Aufladungen, etwa durch Reibungs-Elektrizität. Als Beispiel hierfür zeigt Abb. 7 die elektrische Spannungsverteilung auf einem Leder-Treibriemen. Man sieht aus diesen Messungen, daß Spannungen von über 25000 V ohne weiteres auftreten können, die zu einer ganz erheblichen Funkenbildung führen können. Wenn auch die Gefahr durch Verwendung von Sonderriemen oder durch Weglassen des Riementriebes überhaupt weitgehend beseitigt werden kann, so sieht man doch, wie vielfältig die Möglichkeiten der Auslösung einer Explosion sind. Außerdem muß darauf geachtet werden, daß viele der explosionsgefährlichen Gase bereits in einem Mischungsver-

[1]) Aus einer Vortragsreihe „Der elektrische Antrieb in Industriebetrieben", veranstaltet vom VDI, Berlin, zusammen mit dem Außeninstitut der T. H. Berlin unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. F. Oertel VDE.

[1]) S. a. ETZ 59 (1938) H. 42.

Digitized by Google

verhältnis, das unterhalb der unteren Explosionsgrenze liegt, stark gesundheitsschädigend sind. Es muß deshalb immer wieder darauf hingewiesen werden, daß eine gründliche Durchlüftung der chemischen Betriebsräume die beste Sicherheit gegen Explosionsgefahr darstellt.

Trotzdem wird man gerade die elektrischen Antriebe so ausbilden, daß sie die Zündung explosionsgefährlicher Gemische nicht hervorrufen können. Dies ist ein weiterer Grund dafür,

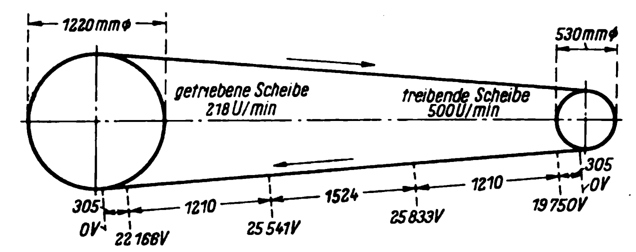


Abb. 7. Elektrische Spannungsverteilung auf einem Ledertreibriemen 30,5 cm breit, 14 m/s (nach Price und Brown).

daß in der chemischen Industrie fast nur Kurzschlußläufermotoren vorkommen[1]), da bei diesen betriebsmäßig Funken nicht auftreten. Sie entsprechen den zur Zeit gültigen VDE-Leitsätzen 0165, wenn sie einen gedichteten Klemmenkasten besitzen, sowie engmaschige Drahtgitter vor den Luftein- und -Austritts-Öffnungen. Wenn Motoren mit Schleifringen oder Kommutatoren vorgesehen werden müssen, so können diese in Bauart „druckfeste Kapselung" ausgeführt werden. Die konstruktive Ausführung dieser Bauart und die Gase, bei der sie verwendet werden darf, sind in dem Entwurf der „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter Maschinen, Transformatoren und Geräte" VDE 0171 angegeben[2]), dessen sinngemäße Anwendung schon heute zu empfehlen ist. Besteht die Gefahr des Auftretens von Gas-Luft-Gemischen, bei denen die Bauart druckfeste Kapselung normalerweise nicht zulässig ist (Wasserstoff-, Azetylen-, Schwefel-Kohlenstoff-Luftgemische), so muß bei betriebsmäßig funkenden Antrieben eine Sonderbauart angewendet werden: dem Antrieb muß Frischluft aus dem Freien oder einem nicht explosionsgefährdeten Raum zugeführt werden und zwar bereits vor dem Einschalten, sodaß während des Stillstandes eingedrungene gefährliche Gasgemische rechtzeitig entfernt werden. Die Durchzugbelüftung der mit Rohranschluß versehenen Motoren ist nur dann als explosionsgeschützt anzusehen, wenn ein Einschalten erst möglich ist, nachdem die Durchzugbelüftung im Gange ist, und wenn beim Aussetzen der Belüftung der Motor selbsttätig spannungsfrei gemacht wird. Dies ist mit Hilfe von einfachen Verriegelungs-Schaltungen und durch Luftströmungsmelder möglich.

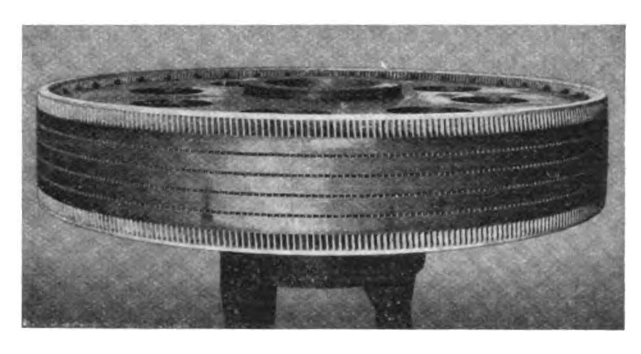


Abb. 8. Kurzschlußläufer mit Aluminiumkäfig für Kolbenverdichterantrieb 500 kW, 5000 V, 122 U/min.

Die Schalter für die Motoren werden gewöhnlich nicht in explosionsgefährdeten Räumen untergebracht, sondern außen aufgestellt. In der Nähe der Motoren befinden sich explosionsgeschützte Schwenktaster, entweder druckfest gekapselt oder mit Kontakten unter Öl, von denen aus die Schalter bzw. Antriebe ferngesteuert werden.

Die Leistungseinheiten der in der chemischen Industrie in großen Stückzahlen verwendeten Großantriebe für Turbo- und Kolben-Verdichter haben sich im vergangenen Jahre weiter vergrößert; es wurden für diesen Zweck schnellaufende Maschinen mit Einzelleistungen von mehr als 5000 kW und langsamlaufende Maschinen bis zu einer Leistung von 6200 kW gebaut. Während die schnellaufenden Großantriebe fast stets mit Kurzschlußläufern ausgeführt werden, werden bei den größten langsamlaufenden Einheiten mit Rücksicht auf die Blindlastfrage noch häufig Synchronmotoren verwendet. In der letzten Zeit wurden Kolbengas-Verdichter-Antriebe von je 3000, 4000 und 6200 kW als Synchronmotoren gebaut, bei Leistungen von 1875 und 2200 kW und natürlich allen kleineren Leistungen als Kurzschlußläufermotoren. Nur in seltenen, besonders gelagerten Fällen greift man auch in diesem Leistungsbereich zum Asynchronmotor. Soweit betriebliche Gründe ausschlaggebend sind, ist jedenfalls der konstruktiv einfache und betriebsmäßig nicht funkende Kurzschlußläufermotor auch für die Großantriebe der chemischen Industrie vorzuziehen[1]). Neuerdings können nicht nur bei den kleinen Motoren, sondern auch bei großen Kolben-Gasverdichterantrieben die Kurzschlußkäfige aus Aluminium ausgeführt werden (Abb. 8); die Ausführung ist derjenigen mit Kupferkäfig gleichwertig.

Die meisten Großantriebe werden in der chemischen Industrie, die die benötigte elektrische Energie meist in Eigenanlagen erzeugt, unmittelbar auf das speisende Kraftwerk geschaltet. Nur wenn das Netz sehr schwach ist, wird zum Einschalten über einen Anlaßtransformator mit Hilfe des Teilwicklungsverfahren gegriffen, wodurch der Einschalt-Stromstoß bis auf etwa den zweifachen Wert des Nennstromes gesenkt werden kann. Bei dem letzteren Verfahren ist die Motorwicklung in zwei Zweige aufgeteilt, von denen jeder gleichmäßig über alle Nuten am Umfang verteilt ist. Bei etwa 90% der Drehzahl wird der zweite Zweig der Ständerwicklung parallelgeschaltet, wodurch der Motor bis zur höchsten asynchronen Drehzahl hochläuft.

Eine wirtschaftlich und technisch einwandfreie Planung elektrischer Antriebe für die chemische Industrie ist nur in engster Zusammenarbeit von Chemiker, Maschinenbauer und Elektrotechniker möglich. Insbesondere müssen bei der Planung die vorkommenden chemisch angreifenden oder explosionsgefährlichen Gase genau bekannt sein. Es ist gelungen, in der chemischen Industrie mit einer sehr geringen Zahl von Sonderausführungen elektrischer Antriebe durchzukommen. Je mehr serienmäßiges Material und Einheitstypen für diese Zwecke eingesetzt werden können, desto schlagkräftiger bleibt die Elektroindustrie in der Mitarbeit an den für die nähere und weitere Zukunft der chemischen Industrie gestellten großen Aufgaben. *Vb.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.5.029.58

Einseitenbandtelephonie auf Kurzwellen. [Nach A. Oswald, Proc. Inst. Radio Engrs., N.Y. 26 (1938) S. 1431; 24 S., 9 Abb.; und A. Roetken, ebenda, S. 1455; 11 S., 9 Abb.]

Der erste Aufsatz beschreibt Sende- und Empfangseinrichtung für eine Einseitenband-Funkfernsprechverbindung auf Kurzwellen und behandelt die wesentlichen Gesichtspunkte für ihren elektrischen Aufbau, im zweiten Aufsatz wird noch einmal ausführlich auf den Empfänger allein eingegangen. Der Frequenzbereich der Einrichtung geht von 4 bis 22 MHz, der Träger wird bei der Ausstrahlung teilweise unterdrückt. Die Sendefrequenz wird in drei Stufen erzeugt. Von einem 625 kHz-Quarzoszillator wird zunächst 125 kHz abgenommen und diese Frequenz als Ausgangsfrequenz mit der Tonfrequenz gemodelt. Der Träger von 125 kHz wird danach wieder ausgesiebt und über einen regelbaren Verstärker vor der nächsten Stufe wieder zugesetzt. Durch die Überlagerung mit der vom gleichen Quarzoszillator entnommenen Frequenz 2500 kHz wird der gemodelte Träger auf 2625 kHz und durch nochmalige Überlagerung mit einer entsprechenden Frequenz auf die Sendefrequenz gebracht. Bei Sendefrequenzen unter 10 MHz wird dabei die Summen-, bei Sendefrequenzen über 10 MHz die Differenzfrequenz zur Ausstrahlung benutzt. Eine Überwachungseinrichtung, in die ein geringer Teil des Senderausgangs abgezweigt und hier mit den entsprechenden Überlagerungsfrequenzen in zwei Stufen zurückgemodelt wird, ermöglicht es, die Güte der abgehenden Sendung zu überprüfen.

Die Rückmodelung im Empfänger erfolgt ebenfalls in drei Stufen. Mit der einfallenden Frequenz wird durch entsprechende Überlagerung zunächst eine Zwischenfrequenz von 2900 kHz gebildet und diese durch weitere Überlagerung mit 3000 kHz auf 100 kHz herabgesetzt. Nach dieser Überlagerungsstufe werden durch scharfe Filter Träger und Seitenband voneinander getrennt und gesondert verstärkt, die Trägerspannung wird dazu benutzt, um die Steuerspannung zu liefern für eine selbsttätige Scharfabstimmung des ersten Überlagerers und eine selbst-

[1]) H. Göschel, Die Starkstromtechnik im Rahmen der neuen Treibstoffgewinnungs-Anlagen, ETZ 58 (1937) S. 1282 u. 1317.
[2]) ETZ 59 (1938) S. 1137.

[1]) H. Göschel u. E. Lampel, Elektrisch angetriebene Kolben-Gasverdichter in chemischen Großanlagen. Siemens-Z. 18 (1938) 8.

Digitized by Google

tätige Schwundregelung, die sowohl auf den Trägerkanal wie auf den Seitenbandkanal wirkt. Seitenband und Träger werden in einem Hochfrequenzgleichrichter zur endgültigen Rückmodelung wieder vereinigt, die notwendige Trägerspannung kann im Bedarfsfalle auch einem besonderen Schwingungserzeuger entnommen werden. Mit Hilfe eines zweiten Kanals für das andere Seitenband im Sender und Empfänger kann die Einrichtung auch für Zweikanalverkehr verwendet werden.

An die Beschreibung schließen sich längere Ausführungen, welche die Gesichtspunkte für die Ausgestaltung der Geräte und Zahlenangaben über die erreichten Werte bringen. Die Betrachtungen erstrecken sich u. a. auf: Wahl der Zwischenfrequenz, Beziehungen zwischen Kanal und Seitenband, Frequenzstabilität, Trägerunterdrückung, Trennschärfe der Filter, Störspiegel, Störmodelung beim Zwei-Kanal-Betrieb, selbsttätige Scharfabstimmung und Schwundregelung.

Die Zahl der Modelungsstufen beim Sender und Empfänger wird bestimmt durch die Frage, inwieweit es bei den Ausgangsfrequenzen möglich ist, mit nicht zu hohem Aufwand genügend scharfe Filter für die Trennung von Träger und Seitenband herzustellen. Benutzt man anderseits beim Emfpänger sofort eine entsprechend kleine Zwischenfrequenz, so wachsen die Schwierigkeiten für die genügende Unterdrückung der Spiegelfrequenzen. Aus diesen Gründen wurde beim Empfänger eine erste Zwischenfrequenz von 2900 kHz und eine zweite von 100 kHz eingeführt.

Hinreichende Verständlichkeit bei Einseitenbandtelephonie mit völlig unterdrücktem Träger wird erzielt, wenn die rückgemodelten Sprachfrequenzen am Empfänger nicht mehr als 20 Hz von den ursprünglichen Frequenzen am Eingang des Senders abweichen. Bei Verwendung von Geheimhaltungsschaltungen muß der Spielraum auf rd. 5 Hz verkleinert werden. Bei Ausstrahlung eines verringerten Trägers vereinfachen sich die Anforderungen, es genügt, wenn die Frequenz des Trägers sich innerhalb der Abstimmkurve des Trägerfilters hält. Ist außerdem noch eine selbsttätige Scharfabstimmung vorgesehen, so ist es ausreichend, wenn die Summe aller Abweichungen innerhalb des Regelbereiches der Scharfabstimmung bleibt. Der beschriebene Empfänger kann eine Frequenzschwankung bis zu $1:10^4$ ausgleichen bei einerÄnderungsschnelligkeit von weniger als 5 Hz/s.

Die zulässige Größe der Trägerunterdrückung wird bestimmt durch die Fähigkeit des Empfängers, den Träger von Störgeräuschen genügend zu unterscheiden. Nach Erfahrungen liegt das Maximum für praktische Trägerunterdrückung bei ungefähr 25 db, wenn das Trägerfilter eine Bandbreite von rd. 40 Hz hat. Beim Einseitenbandbetrieb scheint es wünschenswert, den Träger auf — 10 db, beim Zweikanalbetrieb auf — 20 db gegenüber der ungeschwächten Amplitude beim Zweiseitenbandbetrieb zu verringern. Eine entsprechende Regelmöglichkeit des Trägers beim Sender wie beim Empfänger scheint angebracht.

Um eine gleichbleibende Trägeramplitude im Sender zu erhalten, die unabhängig von den Verhältnissen in der ersten Modelungsstufe ist, wird, wie schon erwähnt, der ursprüngliche Träger noch einmal entfernt und dann über einen regelbaren Verstärker wieder zugeführt. Die dadurch erreichbare Konstanz liegt über den ganzen Bereich innerhalb 1 db. Außer von dieser Größe ist die Gleichmäßigkeit der Trägeramplitude am Empfänger noch abhängig 1. von Schwunderscheinungen, 2. von der Pressung des Trägers und des Seitenbandes beim Durchgang durch die Verstärker. Unter Pressung wird die Verminderung der Verstärkung in einem Verstärker verstanden, wenn ein Zeichen von sehr großer Amplitude einfällt. Tiefgehende und für Träger und Seitenband getrennte Schwundregelung sind Maßnahmen, um eine weitgehende Gleichmäßigkeit des Trägers am Empfänger zu erreichen.

Je größer die Bandbreite des Trägerfilters ist, um so leichter ist es möglich, den Träger innerhalb dieses Bandes zu halten, anderseits nimmt aber mit der Breite des Filters die Störanfälligkeit des Trägers gegenüber Rauschen und Interferenz zu und begrenzt die zulässige Verringerung des Trägers. Bei einem Träger von 100 kHz erschien eine Bandbreite des Trägerfilters von 40 Hz als geeigneter Mittelweg. Die Schwächung abweichender Frequenzen beträgt bei einer Abweichung von Bandmitte von $\pm$ 25 Hz 10 db, $\pm$ 100 Hz 60 db. Bei Benutzung beider Kanäle beträgt die Dämpfung des Seitenbandfilters gegenüber den Frequenzen des anderen Seitenbandes im Sender mindestens 50 db, im Empfänger rd. 90 db. Der genaue Verlauf der Filterkurven in Sender und Empfänger ist in mehreren Abbildungen wiedergegeben.

Ernstere Störerscheinungen durch die in den Sendeverstärkern auftretender Geräuschspannungen waren nicht zu beobachten, wenn das Verhältnis Zeichen zu Geräusch 45 db betrug, gemessen an dem um — 10 db verringerten Träger. Das am Empfänger erreichbare günstigste Verhältnis ist nach unten durch das thermische Rauschen, nach oben durch die im Hinblick auf die Vermeidung von Kreuzmodelung zulässige größte Zeichenspannung gegeben und liegt bei etwa 60 db.

Die Amplitude des Trägers ist sehr wichtig bei der Bestimmung des Übersprechens, das bei Benutzung beider Kanäle auftritt. Die Verhältnisse werden günstiger durch Trennung der anliegenden Seitenbandgrenzen um eine Seitenbandbreite. Die Bandbreite der Kanalfilter reicht in Sender und Empfänger von 100 bis 6000 Hz, sie gestattet also eine Verlagerung des Sprachbandes von 250 bis 3000 Hz um eine Seitenbandbreite auf die Frequenzen 3250 bis 6000 Hz. *Ms.*

DK 621.396.828

Störverminderung durch Frequenzmodulation. [Nach E. H. Plump, Hochfrequenztechn. 52 (1939) S. 73; $7^1/_2$ S., 23 Abb.]

Auf die Möglichkeit der Störverminderung durch Frequenzmodulation wurde schon im Jahre 1936 von Armstrong hingewiesen. Er sagt, die Störungen vermindern sich in dem Verhältnis, wie man den maximalen Frequenzhub größer macht als das zur Übertragung notwendige Tonfrequenzband bei Amplitudenmodulation. Abb. 9 zeigt die Schaltung eines

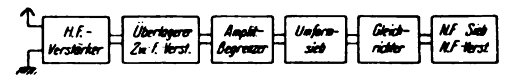
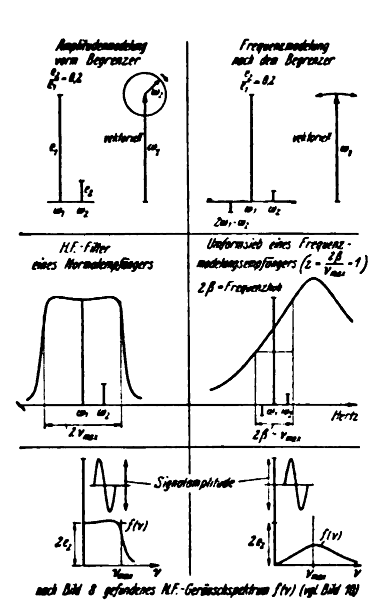


Abb. 9. Frequenzmodulations-Empfänger.

Frequenzmodulationempfängers. Zunächst müssen die Bandfilter für die Weite des Frequenzhubes gleichmäßig durchlässig sein. Da bei der Frequenzmodulation die Nachricht lediglich in den Nulldurchgängen der hochfrequenten Schwingung liegt, kann man dann durch einen Amplitudenbegrenzer sämtliche Amplitudenstörungen beseitigen. Das Umformsieb, das der Umformung der Frequenzmodulation in Amplitudenmodulation dient, hat eine gradlinig-schräge Frequenzcharakteristik. Bei Besprechung des Senders gleitet die Senderfrequenz die schräge Kennlinie im Takt der Tonfrequenz auf und ab. Wenn der Amplitudenbegrenzer die Amplitudenstörungen vollständig beseitigt hat, so rufen nur noch die Phasenstörungen am Umformersieb wieder Amplitudenstörungen hervor. Die Größe der Phasenstörung durch eine Störfrequenz ω_2 ist nach dem Vektorbild Abb. 10, oben, direkt durch das Verhältnis von Störspannung zu Nutzspannung bestimmt. Wesentlich ist nun, daß dieser Phasenstörung eine Frequenzänderung entspricht, die proportional mit dem Abstand der Störfrequenz von der Nutzfrequenz anwächst. (Bei sinusförmiger Frequenzmodelung ist der Phasenwinkel $= \frac{\text{Frequenzänderung}}{\text{Modulationsfrequenz}}$. Die Modulationsfrequenz entspricht dem Abstand der Störfrequenz von der Nutzfrequenz.) Das niederfrequente Geräuschspektrum $f(\nu)$ sieht also wie in Abb. 10, unten rechts, gezeichnet aus. Dagegen ist im normalen Amplitudenmodulationsempfänger das Geräusch bekanntlich über alle Tonfrequenzen gleichmäßig verteilt (s. Abb. 10, unten links). Macht man nun beim Frequenzmodelungsempfänger den Frequenzhub $2\beta = z\,\nu_{max}$ (Abb. 10, Mitte rechts, ν_{max} gleich höchste Tonfrequenz) und gleichzeitig das Umformsieb dementsprechend weiter, so wird auch das NF-Geräuschspektrum entsprechend flacher. Es wird die Amplitude $f(\nu) = e_2$ erst bei der Frequenz $\nu = z\,\nu_{max}$ erreicht. Da das Niederfrequenzsieb aber nur Frequenzen bis zur Grenz-



e_1 Nutzamplitude ω_1 Nutzfrequenz
e_2 Störamplitude ω_2 Störfrequenz
ν Niederfrequenz (Modulations-Frequenz)

Abb. 10.

Digitized by Google

frequenz ν_{max} durchläßt, wird das Geräusch proportional der Vergrößerung des Frequenzhubes verkleinert. Die Arbeitsweise des Amplitudenbegrenzers wurde theoretisch genauer untersucht. Wird außer der Nutzfrequenz ω_1 eine Störfrequenz ω_2 empfangen, so entstehen im Begrenzer neue Frequenzen. Wenn die Störspannung klein gegen die Nutzspannung ist, so ist in erster Näherung das Verhältnis Störspannung zu Nutzspannung nach dem Begrenzer auf die Hälfte gesunken, und dafür ist die sogenannte Spiegelfrequenz ($2\,\omega_1—\omega_2$) von ω_2 neu entstanden. Da die beiden Frequenzen ω_2 und $2\,\omega_1—\omega_2$ im Umformsieb verschieden verstärkt werden, ergibt sich eine störende Amplitudenmodulation. Daraus ist das Geräuschspektrum $f(\nu)$ (Abb. 2, unten rechts) berechnet. Die bei Tonfrequenz ausgeführten Versuche zeigen schließlich, welche praktischen Verbesserungen man erreichen kann. Die Grenze der Verbesserung ist gegeben durch die Bedingung, daß die gesamte Störspannung am Amplitudenbegrenzer kleiner als die Nutzspannung bleiben muß, da sonst nicht mehr das Verhältnis von Störspannung zu Nutzspannung für die Frequenzschwankungen maßgebend ist, sondern die Frequenzschwankungen der Störspannungen selbst ausschlaggebend sind. Beträgt zum Beispiel die Störspannung innerhalb des Frequenzbandes der normalen Amplitudenmodulation ein Fünftel der Nutzspannung, so läßt sich der Frequenzhub je nach der Geräuschart auf das 5- bis 25fache erhöhen, bis die Störspannung die Größe der Nutzspannung erreicht. Das Geräusch sinkt dabei im Verhältnis 1 : 5 bis 1 : 25. *Sb.*

Chemie.

DK 661.1 : 546.11

Die Erzeugung von Wasserstoff im Großen. [Nach Génie civ. 114 (1938) S. 88; 2½ S., 1 Abb.]

Für die Ammoniaksynthese werden jährlich rd. 3 Mrd m³ Wasserstoff, für die Benzinerzeugung sogar über 4,5 Mrd m³ verbraucht. Der größte Teil des Wasserstoffes wird durch Vergasen von Kohle zu Wassergas und Abscheiden von Kohlensäure gewonnen. Besonders interessant ist unter den beschriebenen Gaserzeugern der nach Winkler, mit welchem die I. G. Farbenindustrie arbeitet. In eine Lage zerkleinerten Brennstoffes (Steinkohle, Halbkoks oder Braunkohle) wird von unten ein Gemisch von Sauerstoff und Wasserdampf, das auf 375° erhitzt ist, unter 25 atü eingeblasen. Die emporgerissenen Kohleteilchen vergasen rasch. Für die Ammoniaksynthese gibt man dem Gasgemisch einen solchen Luftgehalt, daß man, nachdem das Kohlenoxyd in Kohlensäure übergeführt und durch Absorption entfernt ist, ein Gemisch von Wasserstoff und Stickstoff gleich im richtigen Verhältnis 3 : 1 bekommt.

Jacques schätzt[1], daß 70% des erzeugten Wasserstoffes aus Wassergas stammen, 20% aus Koksofengasen und nur 10% aus Wasserelektrolyse. Brownlie nimmt 55, 26 und 16% an[2]) (den Rest von 3% nach den anderen Verfahren). *K. A.*

DK 621.355.2.015.1

Die anfängliche Überspannung beim Entladen eines Bleisammlers. [Nach T. S. Cole, Electrochem. Soc. 73 (1938) S. 555; 31 S.].

Unmittelbar vor Beginn der Entladung wurde die offene Spannung der positiven Platte gegen die Bezugselektrode (10-normale Schwefelsäure gegen Merkurosulfat) zu 1,21 V gemessen, was gemäß der bekannten Beziehung zwischen Säuredichte und Potential einer Dichte 1,45 entspricht, während die Dichte der Hauptmenge des Elektrolyten 1,31 war. Zum Schluß einer 6-stündigen Ladung war das Potential 1,44 V, unmittelbar nach dem Ausschalten 1,39 V, nach 5 min 1,32 V, während sich gleichzeitig beträchtliche Mengen Sauerstoff entwickelten. Lud man mit schwachem Strom wieder auf, so näherte sich dies Potential dem Grenzwert 1,30 für kleinste Stromstärke, während der Säuredichte 1,31 nur 1,11 V entspräche. Als Ursache für jene anfängliche Überspannung nimmt Cole an, daß tatsächlich im Innern der Platte die Säuredichte so erstaunlich hoch ist, daß sich wegen dieser Ungleichheit die Stromlinien in ihr zusammendrängen und so vorübergehend den Widerstand erhöhen. Cole berechnet auf Grund dieser Annahme jenen Spannungsüberschuß und findet Übereinstimmung mit seinen Potentialmessungen. In der anschließenden Erörterung wurde bezweifelt, daß eine so hohe Säuredichte in den Platten vorhanden sei.

Anmerkung des Berichters: Berichter hat seinerzeit unmittelbar mit einer feinen Glaskapillare Säureproben aus einer geladenen positiven Platte entnommen und nicht annähernd so hohe Unterschiede gefunden (z. B. innen Dichte 1,250, außen 1,225). Der Ozongehalt des an den positiven Platten adsorbierten Sauerstoffes kann die Ursache jener anfänglichen Überspannung sein. *K. A.*

[1]) Ann. eff. national combust. liqu. März/April (1938).
[2]) Industr. Engng. Chem., Oktober (1938).

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

DK 061.3

77. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure im NSBDT.

Die Tagung fand vom 18. bis 23. 5. in Dresden statt. Auf der Geschäfts- und Festsitzung am 21. 5. machte der Vorsitzende des VDI, Generalinspektor Dr.-Ing. Todt grundlegende Ausführungen zum Aufbau des technischen Schaffens im Dritten Reich. Den Festvortrag hielt Direktor K. Hegner über „Die Werkzeugmaschine" als wichtigstes Hilfsmittel der Rationalisierung.

Unter den Kennworten „Rationalisierung" und „Leistungssteigerung" wurden 70 Vorträge in 15 Fachsitzungen gehalten. Das Problem der Rationalisierung ist aber nicht nur durch Einzelmaßnahmen, sondern vor allem durch Verbreitung auch über Klein- und Mittelbetriebe vorwärts zu treiben, um auch bei diesen eine Leistungssteigerung zu erzielen.

Technischer Fortschritt war aus allen Vorträgen festzustellen. Bei den Leichtmetallen hat die wichtige Frage des „Schweißens" weitere Förderung erfahren. Sehr bemerkenswerte Ergebnisse lieferten Untersuchungen über den Härteverlauf an selbsthärtenden geschweißten Aluminiumlegierungen (Matting, Hannover). Durch Zusätze zum Grundwerkstoff, z. B. Nickel, ist es möglich, die Empfindlichkeit gegen Wärmeeinflüsse herabzusetzen und eine Nachhärtung selbst in der Erweichungszone zu erzielen. Korrosionsversuche unter wechselnden Korrosionsbedingungen und bei verschiedenen Werkstoffzusammensetzungen gaben weitgehenden Aufschluß über das oft unterschiedliche Verhalten von Schweiße, Übergang und Grundwerkstoff und bestätigten erneut die Überlegenheit der plattierten Werkstoffe. In dem „Weibelverfahren" ist ein neues Schmelzschweißverfahren für dünne Leichtmetallbleche von 0,2 bis 2 mm Dicke entstanden (von Rajakovics, Berlin). Die zu verschweißenden Bleche werden an den Rändern 2 bis 3 mm aufgebördert. Das Schweißgerät, das aus zwei von niedriggespanntem Wechselstrom von 4 bis 8 V durchflossenen Kohle-Elektroden besteht, wird an den Rändern entlanggeführt, nachdem vor Beginn der Schweißung die Elektroden durch Kurzschließen an den Spitzen auf helle Rotglut erhitzt sind. Da hierbei kein nennenswerter Widerstand im Blech auftritt, wird die Schweißwärme fast vollständig außerhalb des zu schweißenden Werkstoffs in den Kohle-Elektroden erzeugt. Der Werkstoff wird durch die glühenden Elektroden zum Schmelzen gebracht und fließt in die Nahtfuge ein. Die Festigkeits- und Korrosionsbeständigkeitswerte sollen den mit der Arcatomschweißung erreichten entsprechen. Durch die Verwendung von, mit einem Salzmantel als Flußmittel umhüllten Metall-Elektroden hat sich die Lichtbogenschweißung bei Leichtmetallen mit ihren mannigfachen Vorteilen sehr gut entwickelt (Röhrig, Lautawerk). Diese ist bei Aluminium- und allen seinen Legierungen anwendbar. Geschweißt wird mit Gleichstrom mit meistens positivem Pol an der Elektrode. Sehr gute Erfahrungen konnten bei der Ausbesserung von Gußteilen und bei der Schweißung von Wänden eines 60 t-Güterwagens der Reichsbahn gesammelt werden. Die Kunstharzpreßstoffe werden zu immer größeren Bauteilen oft in einem einzigen Arbeitsgang verpreßt (Jacobi, Troisdorf). Pressen von 12 000 t Druckleistung mit einer Tischfläche von 2600 × 3500 mm sind im Bau (van Hüllen). Durch Einpressen von Stahldrähten wurden die Dauerbiegefestigkeit und der Elastizitätsmodul bei Kunstharz-Preßstoffen der Typen Z_3 bei geringer Gewichtszunahme bedeutend erhöht. Zur Herstellung größerer Rohrweiten aus Igelit PCU-Platten wendet man neuerdings Schweißung mit PCU-Schweißdraht an, der an der Verbindungsstelle im Heißluftstrom von 250° erhitzt wird.

Versuche zur Messung der elektrostatischen Aufladung von Spinnstoffen an der Ringspinnmaschine und Versuche zur Beseitigung der Ladung durch Ionisation gaben Anlaß zu weiteren Versuchen mit Spinnstoffen, die mittels Elektrolyten und Weichmachern in bestimmten Grenzen elektrisch leitend gemacht werden (Axhausen, Dresden). Zur Bestimmung der erreichten Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte wurde ein Leitfähigkeits-Prüfer entwickelt, der die Feststellung des elektrischen Verhaltens eines Spinnstoffes unabhängig von der Probenform ermöglicht. Als Kennziffer für die elektrischen Eigenschaften gilt der sog. Leitwert des Spinnstoffes. *Pge.*

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Installationsmaterial.

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat Normblattentwürfe zu

DIN VDE 9701 „Lampensockel E 10/137 für Fahrradlicht-Lampen für Kleinspannungen",
DIN VDE 9705 „Lampensockel S 7 und S 8, Spitzkappen",
DIN VDE 9710 „Lampensockel BA 7s für Kleinspannungen",
DIN VDE 9715 „Lampensockel BA 9s für Kleinspannungen",
DIN VDE 9720 „Lampensockel BA 15",
DIN VDE 9725 „Lampenfassung B 15",
DIN VDE 9730 „Lampensockel BA 20",
DIN VDE 9735 „Lampenfassung BA 20",
DIN VDE 9740 „Lampensockel B 22",
DIN VDE 9745 „Lampenfassung B 22"

aufgestellt, die in ETZ 60 (1939) S. 959 nebst Erläuterungen veröffentlicht sind.

Es ist beabsichtigt, vorstehende Normblätter nach endgültiger Herausgabe als verbindlich zu erklären.

Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 1. September 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Leuchtröhrenleitungen.

Der in der ETZ 60 (1939) H. 6, S. 166 veröffentlichte Entwurf zu Umstellvorschriften für einadrige Leuchtröhrenleitungen für Nennspannungen bis 6 kV, die als § 7 B in VDE 0250 U „Umstellvorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen" aufgenommen werden sollen, ist laut Veröffentlichung in der ETZ 60 (1939) H. 27, S. 823 in Kraft getreten.

Die VDE-Prüfstelle macht darauf aufmerksam, daß die Verwendung des schwarz-rot-grünen VDE-Umstellkennfadens für diese Leitungsart nur mit besonderer Genehmigung der VDE-Prüfstelle zulässig ist. Anträge auf Erteilung der Genehmigung zur Führung dieses Kennfadens können bei der VDE-Prüfstelle eingereicht werden.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

DK 621.335.42/.43-57/58

Bemerkungen zum Aufsatz des Herrn J. Beier „Die neuesten Feinstufsteuerungen für Straßenbahn-Triebwagen und Oberleitungs-Omnibusse", ETZ 60 (1939) H. 10, S. 311.

In dem Aufsatz werden auf S. 313 im Abschnitt C die „Feinstufsteuerungen für Oberleitungsomnibusse" erörtert. Dort wird erwähnt, daß in neuerer Zeit Bestrebungen im Gange seien, die Zweihubsteuerung durch eine Einhubsteuerung zu ersetzen. Tatsächlich ist die Einhubbetätigung jedoch nicht erst eine Bestrebung aus neuerer Zeit, sondern wird schon seit Beginn der Entwicklung neuzeitlicher Obusse stets angestrebt und für Grob- oder Vielstufsteuerungen auch verwirklicht. Sie mußte vielmehr erst dann durch eine Zweihubbetätigung ersetzt werden, als die Reihen-Parallelschaltung der Motoren mittels unmittelbar fußbetätigter Starkstromfahrschalter auch beim Obus Anwendung fand.

Es ist betrieblich zweifellos von Vorteil, wenn für das Spiel einer Anfahrt nur ein einmaliges Durchtreten des Fußhebels an Stelle eines zweimaligen erforderlich ist. Die Überlegung, daß bei einer täglichen Fahrleistung von 250 km und 300 m mittlerem Halteabstand bei Zweihubbedienung, allein für die Anfahrt gerechnet, der Fahrschalter rd. 800mal öfter als bei der Einhubausführung bedient werden muß, spricht zwangsläufig für die Einhubsteuerung, da es ja von Bedeutung ist, ob der Fahrer den Fußhebel stündlich etwa 50mal öfter, also etwa doppelt so oft betätigen muß oder nicht.

Der Stellungnahme zu den kritischen Betrachtungen des Verfassers über die Einhub-Feinstufsteuerung sei vorausgeschickt, daß es zur Zeit in Deutschland nur eine unmittelbar fußbetätigte feinstufige Einhub-Starkstromsteuerung mit Reihen-Parallelschaltung für Obusse gibt, und das ist die AEG-Schwingregler-Steuerung. Aus den Einzelheiten obiger Veröffentlichung geht für den Eingeweihten klar hervor, daß der Verfasser nur diese Steuerung in seinem Vergleich betrachtet.

Die Ausführungen des Vorgenannten könnten aber beim Leser den Eindruck erwecken, als ob nur dem Zweihub-Feinstufer leichte Bedienbarkeit zu eigen wäre; dies trifft jedoch nicht zu. Solche Zweihubsteuerungen sind im übrigen absolut nicht neu, und, wie aus der Deutschen Patentschrift 595554 ersichtlich, auch von der Firma BBC nicht zuerst entwickelt. Die AEG hat von vornherein erkannt, daß die Zweihubschaltung nicht die endgültige Lösung für die Obussteuerung sein kann, und deshalb obiges Patent fallen lassen und, da jede Erschwerung in der Bedienung vermieden werden muß, sich weiter der Entwicklung der Einhubsteuerung gewidmet, da nur diese zum Erfolg führen wird.

In Erkenntnis der Tatsache, daß die Schaltarbeit am Fußhebel möglichst gering sein muß, hat die AEG die Steuerung so ausgebildet, daß für die Regelung in der Reihenschaltung fast der gesamte zur Verfügung stehende Fußhebelweg benutzt wird. Die aufzuwendende Bedienungskraft in diesem Schaltbereich ist daher höchstens so groß wie bei einer Zweihub-Anordnung. Die bei beiden Systemen zum Rückholen der Schalteinrichtung erforderliche Feder wird aber bei dem Einhub-Feinstufer gleich für den zweiten Schaltabschnitt, nämlich das Durchschalten der Parallelstufen, nutzbar gemacht. Ein nochmaliges Durchschalten des ganzen Fahrschalters und damit der nochmalige Kraftaufwand wird dadurch überflüssig. Bei der Zweihubsteuerung bleibt demgegenüber der Rückgang regeltechnisch unausgenutzt. Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß der Gesamtarbeitsaufwand für die Bedienung während einer Anfahrt bei der Einhubsteuerung doch nennenswert kleiner als bei einer Zweihubanordnung sein muß. Ein absolut genauer Vergleich über Betätigungskraft und Betätigungsarbeit bei Einhub- und Zweihubsteuerung ist natürlich nur möglich, wenn für beide Systeme die endgültigen Werte vorliegen.

Der Einwand gegen die Rastierung in der letzten Reihenstellung ist durch die Praxis widerlegt; außerdem wird im Anfahrbereich in Reihe auf den Widerstandsstufen willkürlich weitergeschaltet. In dieser Beziehung sind also beide Steuerungen gleich.

Ist die Regelung in Reihe beendet, dann erfolgt bei der Einhubsteuerung die Umschaltung auf Parallel. Die vom Verfasser angeführten Schwierigkeiten betr. unbeabsichtigtes Weiterschalten sind nur theoretische Betrachtungen; der Betrieb zeigt hier keinerlei Beanstandungen.

Nun zur automatischen Regelung in Parallel: Die AEG hat immer den Standpunkt vertreten, daß vollautomatisches Anfahren für Straßenfahrzeuge unzweckmäßig ist, da das Fahrzeug dem Fahrer aus der Hand laufen kann, wenn er langsam anfahren, nachrücken oder mit geringer Geschwindigkeit fahren muß. Diese Vorgänge wickeln sich bei sämtlichen Fahrzeugen durchweg im Regelbereich für Reihenschaltung ab. Anders verhält

Digitized by Google

es sich jedoch bei der Regelung auf Parallel. Bei jeder plötzlichen Fahrtbehinderung auf Parallel schaltet der Fahrer die Leistung ab. Dies geschieht sowohl im Falle der Einhub- als auch der Zweihubsteuerung durch Zurücknahme des Pedals nach Null. Hat der Wagen dagegen freie Bahn, so muß er nun im Interesse kürzester Fahrzeit so schnell wie möglich beschleunigt werden. Dies kann schnell und am gleichmäßigsten nur automatisch erfolgen.

Vergegenwärtigt man sich nun praktisch das Beispiel der Glatteisgefahr, so muß man feststellen, daß an Orten und zu Zeiten der Eisbedeckung schon aus anderweitiger Rücksichtnahme mit Fahrtgeschwindigkeiten in der Höhe von etwa 15 bis 20 km/h, nie schneller aber als etwa mit 25 bis 30 km/h gefahren wird. Der Geschwindigkeitsbereich der selbsttätigen Anfahrt liegt aber über der zuletzt genannten Grenze. Sowohl bei der Einhub- als auch Zweihubsteuerung ergibt sich bei Glatteis dieselbe Bedienungsweise, denn auch mit der Einhubsteuerung ist es dem Fahrer in Reihenschaltung jederzeit möglich, die Beschleunigung des Fahrzeuges beliebig zu vermindern oder zu erhöhen. Mit der Einhubsteuerung hat der Fahrer das Fahrzeug über den gesamten Fahr- und Regelbereich stets völlig in der Hand.

Wie schon einleitend gesagt, sind Fußhebelweg und Fußhebelkraft in der Reihenschaltung annähernd die gleichen wie bei der Zweihubsteuerung; die Genauigkeit des Schaltens im willkürlichen und praktisch erforderlichen Regelbereich ist also bei ersterer ebenso groß wie bei letzterer. Der Einhub-Schwingregler hat infolge seiner Arbeitsweise noch den besonderen Vorteil, daß die Anfahrwiderstände nicht ungewollt wieder eingeschaltet werden. Hingegen liegt es im Wesen der Zweihubsteuerung, daß auch in der Parallelschaltung beim Zurückgehen des Fußhebels die Anfahrwiderstände wieder eingeschaltet werden. Infolgedessen ist eine Einbuße an Geschwindigkeit und eine nutzlose Vernichtung elektrischer Arbeit unvermeidlich.

Berlin, 10. 5. 1939. H. Balke.

Stellungnahme zur Zuschrift des Herrn Balke.

Nachdem in meinem Aufsatz nur Feinstufsteuerungen behandelt werden, ist es selbstverständlich, daß sich die Ausdrücke Zweihubschaltung und Einhubschaltung auf Feinstufsteuerungen und nicht auf die bereits früher bekannten Grobstufsteuerungen beziehen. Es ist daher richtig, daß die zeitlich nach der beschriebenen Zweihub-Feinstufsteuerung entwickelte Einhub-Feinstufsteuerung erst in neuester Zeit hervorgetreten ist.

Das Streben nach einer Einhubsteuerung wird oftmals damit begründet, daß ihre Betätigungsweise derjenigen des Gashebels bei Omnibussen mit Verbrennungsmotoren besser entspräche als die der Zweihubsteuerung. Dies ist aber unzutreffend, denn z. B. bei einem Viergang-Getriebe muß der Gashebel viermal durchgetreten werden; im Gegenteil: die Zweihubschaltung entspricht dem dadurch besser, daß den zwei Dauerfahrstufen gleichfalls ein zweimaliges Durchtreten zugeordnet ist.

Daß bei der Zweihubsteuerung der Fußhebel stündlich etwa 50 mal öfter betätigt werden muß als bei der Einhubsteuerung, fällt dann nicht ins Gewicht, wenn, wie weiter unten ausgeführt, die Betätigungskraft bei der Zweihubsteuerung geringer ist als bei der Einhubsteuerung. Erfahrungsgemäß ist hinsichtlich der Beanspruchung des Fahrers eine kleine Betätigungskraft viel günstiger als ein kleiner Betätigungsweg. Zieht man auch hier zum Vergleich den Fall des Omnibusses mit Verbrennungsmotor heran, so ist dort noch niemals das Dreigang-Getriebe dem Viergang-Getriebe deshalb vorgezogen worden, weil es eine Betätigung des Gashebels erspart.

Die Ausführungen im 4. Absatz der Erwiderung sind irreführend, da sich die deutsche Patentschrift 595 554 der AEG nicht auf eine Zweihub-Feinstufsteuerung bezieht, sondern eine Zweihubbetätigung für die damals allein bekannten Grobstufsteuerungen angibt, die wegen Erfordernis eines besonderen Auslösefußhebels derart umständlich ist, daß sie mit der BBC-Zweihubsteuerung nicht verglichen werden kann. Es ist verständlich, daß die AEG diese Lösung als aussichtslos fallen ließ, ohne sie in die Praxis umzusetzen. Es bleibt das unbestrittene Verdienst der Firma BBC, die erste Feinstufsteuerung für Obusse entwickelt zu haben, gleichgültig, ob sich das Prinzip der Zweihub- oder Einhubschaltung endgültig durchsetzen wird oder beide nebeneinander bestehen bleiben. Auf jeden Fall veranlaßte der überzeugende Erfolg der BBC-Steuerung auch andere Firmen, nach praktisch den gleichen Grundsätzen Feinstufsteuerungen für Obusse auf den Markt zu bringen.

Daß die Betätigungskraft beim Einhubfeinstufer nicht — wie Herr Balke im 6. Absatz schreibt — „höchstens so groß" wie bei einer Zweihubanordnung ist, sondern unbedingt größer sein muß, ergibt sich daraus, daß die Rückholfeder der Feinstufwiderstände bei der Einhubsteuerung in Parallelschaltung die in der Strombegrenzungseinrichtung (Öldämpfung) vernichtete Arbeit aufbringen und daher für einen größeren Kraftüberschuß bemessen sein muß als die Rückholfeder der Zweihubsteuerung. Es wird praktisch so sein, daß die Betätigungskraft während der Reihenschaltung bei der Zweihubsteuerung $^2/_3$ derjenigen der Einhubsteuerung beträgt. Für den ganzen Anfahrvorgang (Reihen- und Parallelschaltung) wird daher die aufgewendete Fußarbeit bei der Zweihubsteuerung das 1,33fache der Einhubsteuerung betragen, aber auf dem zweifachen Weg aufgebracht werden. Nach dem Obengesagten wird diese etwas größere Betätigungsarbeit bezüglich der Ermüdung durch die geringere Betätigungskraft mehr als ausgeglichen. Das Wesentliche ist aber, daß die geringere Ermüdung des Fahrers bei der Zweihubsteuerung nicht auf „theoretischen Betrachtungen" beruht, sondern das ganz eindeutige Ergebnis einer über längere Zeit gemachten Betriebserfahrung darstellt.

Was nun die automatische Regelung in der Parallelschaltung betrifft, so gibt Herr Balke zu, daß ein automatisches Anfahren im allgemeinen unzweckmäßig ist. Der Verfasser steht auf dem Standpunkt, daß dies für den gesamten Fahrbereich gilt, während Herr Balke dies nur für die Reihenschaltung gelten läßt. Die Behauptung, daß der Fahrer bei einer Fahrtbehinderung auf Parallel sofort die Leistung ganz abschaltet, ist nicht allgemein zutreffend. Bei der Zweihubsteuerung kann er auch durch Vorschalten der Widerstände die Beschleunigung des Fahrzeuges ermäßigen, bei der Einhubsteuerung muß er die ganze Leistung abschalten. Daß nach dem Aufhören der Fahrtbehinderung der Wagen am schnellsten und gleichmäßigsten nur automatisch wieder beschleunigt werden kann, ist gleichfalls unzutreffend, denn bei der Zweihubsteuerung kann der Fahrer durch kräftigeres Treten des Fußhebels die Beschleunigung gegenüber dem für Durchschnittsverhältnisse eingestellten Beschleunigungswert der selbsttätigen Parallelschaltung erhöhen.

Die Bemerkung des Herrn Balke, daß bei Glatteisgefahr nur mit Fahrgeschwindigkeiten von 15 bis 20 km/h und daher dauernd in der Reihenschaltung gefahren wird, löst die Frage aus, welche Folgen dies für den festen Fahrplan ergibt. Wahrscheinlich wird der Fahrer mit Rücksicht auf diesen — zum mindesten bei Überholungen — trotz der schwierigeren Straßenverhältnisse zur Parallelschaltung übergehen. Auf jeden Fall spricht Herr Balke klar aus, daß ein Fahrzeug mit Einhubsteuerung nur bis etwa 30 km/h dem Willen des Fahrers gehorcht.

Dass die Zweihubsteuerung beim Zurückgehen des Fußhebels in der Parallelschaltung die Anfahrwiderstände wieder einschaltet, bevor in der Ruhestellung des Fußhebels die Leistung ganz unterbrochen wird, ergibt den großen Vorteil, daß von den Starkstromschaltern nicht die volle Motorleistung abgeschaltet werden muß. Es folgt hieraus eine bedeutend geringere Abnutzung der Schaltkontakte und ein sanfterer Übergang der Fahrgeschwindigkeit.

Mannheim, 27. 5. 1939. Josef Beier.

EINGÄNGE.

Doktordissertationen.

Kurt Gutschke, Eignungsuntersuchung zur Auslese unfallsicherer Starkstrominstallateure. T. H. Danzig 1932.

Hans Tuschy, Gleit-Wälz-Versuche an Stahlrollen. T. H. Danzig 1937.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. B. Beckmann VDE, Berlin-Wilmersdorf, Rauenthaler Str. 2.
Dr.-Ing. G. Bolz VDE, Berlin-Lichterfelde-Ost, Geltnerweg 11.
A. Pahl, Berlin-Siemensstadt, Rieppelstr. 1.
Ing. W. Schrank VDE, Berlin-Heiligensee, Schulzendorfer Str. 18.

Abschluß des Heftes: 4. August 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 17. August 1939 | Heft 33

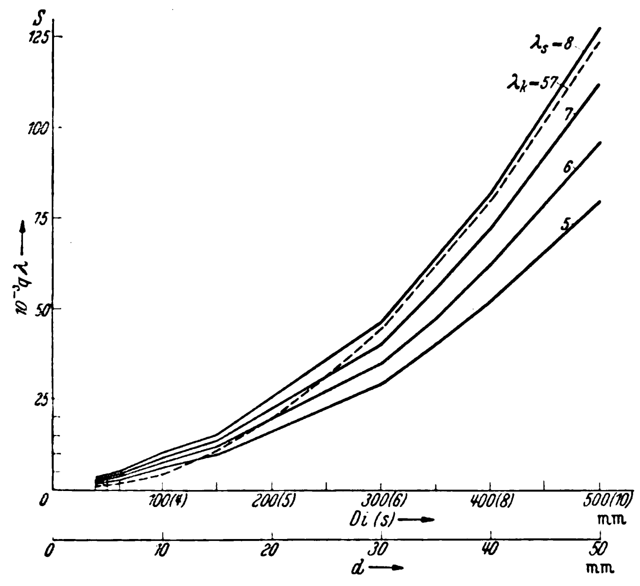
Korrosions-Fernwirkung durch Bahnstreustrom.

Von F. Besig VDE, Berlin.

DK 620.191 : 621.33

Übersicht. Der Einfluß langer Rohrfernleitungen auf die Ausbreitung des Streustroms elektrischer Bahnen, die dadurch auf große Entfernung übertragene Korrosionswirkung und ihre Bekämpfung durch Maßnahmen an der Rohrfernleitung wird an einigen Fällen aus der Praxis beschrieben.

Die starke Entwicklung der Energiewirtschaft in den letzten Jahren und die daraus folgende Notwendigkeit, die Energiequellen mit günstigstem Wirkungsgrad auszunützen, hat dazu geführt, Energiefernübertragung, die früher fast ausschließlich der Elektrizität vorbehalten war, auch auf Gas und Wasser auszudehnen. Schon überzieht ein gewaltiges Netz langer Rohrleitungen einen großen Teil des Reichsgebietes. Das bedingt die Verlegung von Rohren, die der erhöhten Beanspruchung durch inneren Überdruck gewachsen sind. Für Hochdruckgas insbesondere werden ausschließlich an den Stößen verschweißte Stahlrohre verlegt. Derartige Rohrleitungen haben, da die verschweißten Stöße praktisch widerstandslos sind, große elektrische Leitfähigkeit (Abb. 1) und vermögen, wenn sie durch Streustrom verseuchte Gebiete durchziehen, eingetretenen Strom über große Entfernungen weiterzuleiten. Dadurch werden sie, wenn Gleichstrom in Frage kommt, nicht nur selbst elektrolytisch gefährdet, sondern können sie auch andere, mit ihnen metallisch verbundene oder sich ihnen nähernde geerdete metallische Leiter gefährden. Die die Rohroberfläche bedeckenden isolierenden Schutzschichten vermögen auch bei guter, gegen früher wesentlich verbesserter Ausführung Stromübergang zwischen Rohr und Erdboden nicht ganz zu verhindern, zumal in feuchtem Untergrund und in Anbetracht unvermeidlicher, wenn auch feinster Poren und Risse in der Schutzschicht.



D_i innerer Rohrdurchmesser λ_s Leitwert des Rohrstahls
---- Leitfähigkeit von Rundkupferleitungen, Durchmesser $d = 0{,}1\ D_i$, $\lambda_k = 57$

Abb. 1. Errechnete elektrische Leitfähigkeit geschweißter Stahlrohrleitungen in Siemens für 1 km Leitungslänge bei mittleren Wanddicken s.

Diese Gefahr ist bei der schnellen Entwicklung nicht immer rechtzeitig beachtet worden, so daß sich Korrosionsschäden eingestellt haben, die nachträglich besondere Schutzmaßnahmen erforderlich machen. Wie verschieden die örtlichen Verhältnisse sein können, soll an drei Beispielen gezeigt werden.

Erstes Beispiel.

Im Wasserrohrnetz eines Vorgebirgsstädtchens N, das sich im Tal eines kleinen Flusses etwa 5 km weit von Osten nach Westen ausdehnt (Abb. 2), häuften sich in den letzten Jahren Fälle von Undichtigkeit infolge Durchfressung der Rohrwand von der Bodenseite her. Der erste Fall trat 8 Jahre nach der Verlegung des Rohrnetzes ein; betroffen wurden fast ausschließlich dünne Hauszuleitungen aus Stahl in tieferen Gegenden, wo der Untergrund durch von den anliegenden Höhen sickerndes Quell- und Niederschlagswasser dauernd feucht erhalten wird. Die chemische Untersuchung des Erdbodens, vorwiegend Lehm und Torf, auf angreifende Bestandteile war negativ, die Art der Anfressungen ließ auf elektrolytischen Vorgang schließen.

Versuche, an den Korrosionsstellen die Erdstromdichte zu messen, scheiterte an dem die Rohre umspülenden Grundwasser, das eine zuverlässige Sondenmessung verhinderte. Durch Rohrspannungsmessung an mehreren Punkten des Netzes unter Benutzung von Hauszuleitungen und Hydranten zum Anschluß an den Spannungsmesser wurde festgestellt, daß das ganze Netz von vagabundierendem Gleichstrom beeinflußt wird, dessen Intensität ungleichmäßig, aber in einem Rhythmus schwankt, wie es in Anlagen mit häufig und stark wechselnder Belastung der Fall ist. In der Hauptverteilungsleitung, bei *a* ungefähr in der Mitte des Ortes, wurde die Rohrstromstärke mittelbar aus Spannungsabfall und Widerstand einer kurzen ununterbrochenen aufgegrabenen Rohrstrecke gemessen. Sie schwankte zwischen 0 und 0,06 A und war dauernd nach Westen gerichtet. Die gleiche Stromrichtung wurde an zwei anderen, 1 km östlich bzw. 2 km westlich dieses Meßpunktes liegenden Punkten beobachtet. In der Nähe der beiden Bahnhöfe der Reichsbahn (Dampfbetrieb) wurden auch zwischen Reichsbahnschiene und Hydrant in ähnlichem Rhythmus schwankende Spannungen beobachtet, wobei der Hydrant stets negativ gegen die Schiene war. Am Ostbahnhof wurde vor 12^{00} und nach 13^{00} 0,06 bis 0,11 V, in der Zwischenzeit ein gleichbleibender Wert 0,06 V festgestellt. Die Schienen selbst waren stromführend.

Digitized by Google

Da in *N*, dessen elektrisches Verteilungsnetz aus einer Überlandzentrale mit Wechselstrom gespeist wird, außer in der Schwachstromanlage zum Betrieb der Fernsprechzentrale, kein Gleichstrom erzeugt wird, wurde zunächst diese als Quelle des Streustroms vermutet. Als Stromerzeuger dient eine Akkumulatorenbatterie, deren Pluspol mit einer Betriebserde, Großflächenerde im Grundwasser, und außerdem mit dem Bleimantel des Erdkabels und mit der Wasserleitung verbunden ist. Ein in die Erdungsleitung zum Wasserrohr eingeschalteter Strommesser zeigte aber nicht, wie erwartet wurde, einen gleichbleibenden, sondern wiederum rhythmisch schwankenden Gleichstrom von 0 bis 0,04 A an, der durch den Fernsprechbetrieb auch bei künstlicher Verminderung des Isolationswiderstandes einer Sprechstelle nicht merkbar beeinflußt wurde.

B.Z. Bahnzentrale mit Schienenrückleitungspunkt *F.Z.* Fernsprechzentrale *a, I ··· III* Rohrstrom-Meßpunkte *RP* Luftkabel der Reichspost *D, Dr, N, P, S, W* Wohnorte

Abb. 2. Lageplan für das erste Beispiel.

Nach diesen Ergebnissen mußte die Störungsquelle außerhalb *N* liegen und auch in anderen geerdeten metallischen Leitern, besonders in der die Orte *N, P, S* und *D* durchziehenden 100 mm Ferngasleitung nachweisbar sein. An Durchlauferhitzern mit Gasbeheizung in *N* und *D* wurden nach Trennung des Wasseranschlusses vom Apparat und Zwischenschaltung eines Galvanometers deutlich schwankende Stromübergänge von der Gasleitung zur Wasserleitung beobachtet, die während der Mittagspause zwischen 12^{00} und 13^{00} verschwanden. Das führte auf die Ermittelung der Streustromquelle: die mit 600 V Gleichstrom betriebene Förderbahn eines Steinbruchwerkes bei *D*, deren Betrieb zwischen 12^{00} und 13^{00} stillsteht. Das zur Stromrückleitung dienende Schienengleis hat eine Gesamtlänge von etwa 5 km, der Rückleitungspunkt liegt unmittelbar an der Bahnzentrale etwa 3 km Gleislänge vom westlichen Endpunkt der Strecke entfernt. Diese nähert sich der Ferngasleitung in *D* bis auf etwa 100 m. Da Gas- und Wasserleitungen in den Häusern metallisch zusammenhängen und ein Strang der Ortswasserleitung von *D* bis ins Werksgelände führt, wo sie durch einen Schieber mit der Werkswasserleitung, die an der Zentrale als Betriebserde für die Bahnschienen benutzt wird, verbunden ist, so besteht mittelbar auch zwischen dem Schienenspeisepunkt und der Ferngasleitung metallischer Zusammenhang. Dadurch wird das Rohrpotential in der Umgebung von *D* künstlich gesenkt und die Ferngasleitung befähigt, noch in großer Entfernung von der Stromquelle Streustrom aus dem Erdboden anzusaugen.

Dies wird durch eine an den Punkten *I* und *II* an der südlichen bzw. nördlichen Flurgrenze von *S* gleichzeitig durchgeführte Rohrstrommessung (Abb. 3) bestätigt. Der Strom hatte an beiden Punkten nördliche Richtung, der zeitliche Mittelwert 1,73 A bei *II* war um 0,37 A, die Stromspitze um etwa 1 A größer als bei *I*, die mittlere Stromzunahme auf der 1 km langen Zwischenstrecke beträgt 27 % und dürfte zum Teil unmittelbar aus dem Erdboden (bei *I* fetter Lehm und Grundwasser am Rohr), zum anderen Teil mittelbar aus der am Druckregler in *S* mit der Hochdruckleitung metallisch verbundenen Niederdruckleitung übergetreten sein. Als Zubringer kommt auch der Bleimantel der bis nach *S* führenden, als Erdkabel verlegten 8 kV-Leitung, die den westlichen Strang der Förderbahn kreuzt und dem östlichen Strang sich nähert, in Frage. Der in der Erdungsleitung der Fernsprechzentrale in *N* gemessene Strom läßt vermuten, daß ein Teil des Bleimantelstroms an Erden des RP-Luftkabels bei *W* und *Dr* abgegeben wird.

Die festgestellte räumlich weite Ausbreitung des Bahnstreustroms — längs der Ferngasleitung von *D* bis an die Ostgrenze von *N* 12 km — ist aus der Lage der Ferngasleitung und der außer ihr an der Streustromleitung beteiligten geerdeten metallischen Leiter allein nicht erklärbar, sondern bedingt auch außergewöhnliche Verhältnisse in der Bahnrückleitung, sowohl bezüglich

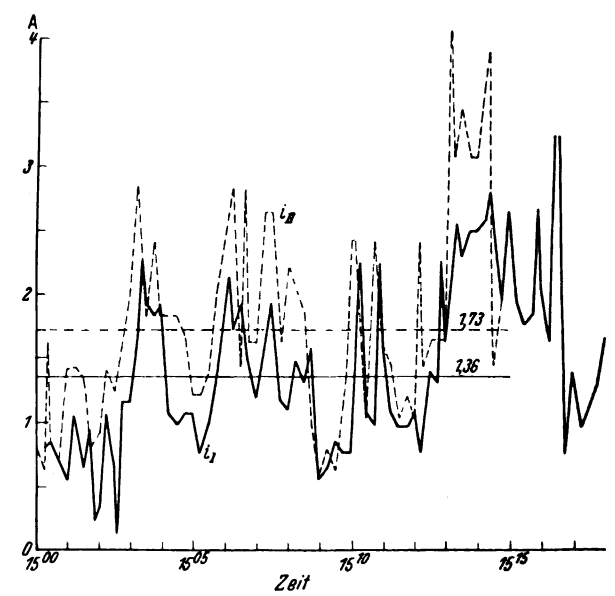
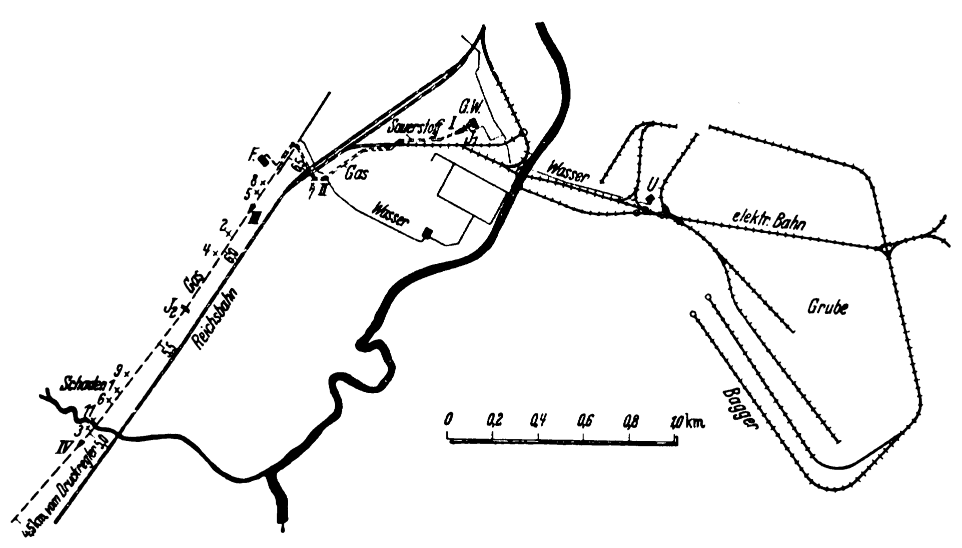


Abb. 3. Rohrstrom in der Ferngasleitung des ersten Beispiels.

Digitized by Google

des Schienenübergangswiderstandes, der durch viele aus Sicherheitsgründen hergestellte Verbindungen der Schienen mit der Werkswasserleitung, eisernen Masten, Trägern u. dgl. künstlich vermindert wird, als auch bezüglich der Schienenspannung. Eine Überschlagsberechnung ergibt, da eine Lokomotive mit Anhängerlast etwa 200 A Stromstärke erfordert und der reine Schienenwiderstand ohne Berücksichtigung der Widerstandszunahme durch die Stoßverbindungen und der Stromleitung im Erdnebenschluß bei einem Schienengewicht von 16 kg/m unter Annahme von 5 S für den Leitwert des Schienenstahls auf 0,05 Ω/km Einfachgleis zu veranschlagen ist, im ungünstigsten Fall — Stromlast am Endpunkt — auf der westlichen Gleisstrecke 30 und auf der östlichen 20 V Spannungsabfall bis zum Rückleitungspunkt. Daß diese Werte nicht nur erreicht, sondern zeitweise noch erheblich überschritten wurden, bestätigen Spannungsmessungen zwischen den Schienen der westlichen Strecke und der Ortswasserleitung der Gemeinde D, wobei Spannungen bis 50 V auftraten.

Auf Grund dieses Ergebnisses kämen, um weiteren Rohrschäden vorzubeugen, in erster Linie Maßnahmen an der Bahnanlage zur Verminderung der Schienenspannung in Betracht. Gutleitende Verbindung der Schienenstöße allein würde im vorliegenden Fall nicht genügen. Als zusätzlicher Schutz wurde zur Drosselung des Rohrstroms der Einbau isolierender Rohrflanschstücke in die Ferngasleitung auf den Strecken $P-D$, $P-N$ und östlich von N, und zwar an Stellen trockenen Untergrundes, empfohlen. Außerdem ließe sich Stromübertritt zwischen Ferngasleitung und Niederdrucknetzen durch Isolierung der Verbindungsflanschen an Druckreglern, Übertritt in die Wasserrohrnetze durch isolierende Trennstücke in der Gaszuführung an Durchlauferhitzern vermindern. Die letztere Maßnahme käme besonders für das Ortsnetz N in Betracht, hier außerdem die Beseitigung der Erdung an der Wasserleitung in der Fernsprechzentrale, falls deren Grundwassererde ihrem Zweck auch allein genügt. Die Rohrleitungen in D genießen schon einen gewissen Schutz gegen anodischen Streustromangriff durch ihren metallischen Zusammenhang mit der Werkswasserleitung, die als metallische Stromableitung (Drainage) zum Schienenspeisepunkt wirkt. Dieser Umstand wäre eine Erklärung dafür, daß in D stärkere, auf Streustromangriff zurückführbare Rohrzerstörungen bisher nicht festgestellt wurden.



U Umspannwerk für die Grubenbahn mit Schienenspeisepunkt G.W. Gaswerk. F Fabrik
$1 \cdots 11$ Korrosionsschäden $I \cdots IV$ Rohrstrom-Meßpunkte $J_{1,2}$ Isolierflanschstücke

Abb. 4. Lageplan für das zweite Beispiel.

Zweites Beispiel.

Die Streustromquelle ist in diesem Fall die mit 1000 V Gleichstrom betriebene Förderbahn einer mit einem Kraftwerk verbundenen Braunkohlengrube (Abb. 4). Das im Gaswerk auf dem Gelände des Kraftwerks erzeugte Gas wird unter 25 at Druck durch eine etwa 8 km lange, aus verschweißten 100 mm-Stahlrohren bestehende Leitung ohne Zwischenabgabe einem Druckregler zugeleitet, an den sich ein städtisches Niederdruck-Verteilungsnetz anschließt. Durch die Apparatur des Gaswerks besteht metallische Verbindung zwischen Ferngasleitung und Werkswasserleitung, von der ein Rohrstrang bis ins Umspannwerk U für die den Bahnstrom erzeugenden Gleichrichter führt. Da hier die Bahnschienen unmittelbar vor dem Umspannwerk durch blank in den Erdboden verlegte Kupferschienen mit dem Pluspol der Stromerzeuger verbunden sind, bilden sie die Stromhinleitung, aus der die Wasserleitung im Einzugsgebiet Bahnstreustrom aufnimmt und zur Ferngasleitung weiterführt. Diese und die Wasserleitung haben demnach gegenüber dem ersten Beispiel die Rollen vertauscht. Schienen- und Rohrpotential sind am Schienenspeisepunkt am höchsten und senken sich von da nach allen Richtungen je nach den Belastungs- und Widerstandsverhältnissen auf den verschiedenen Gleisstrecken. Auf den Baggerstrecken, wo im allgemeinen die Belastung am stärksten ist, ist auch

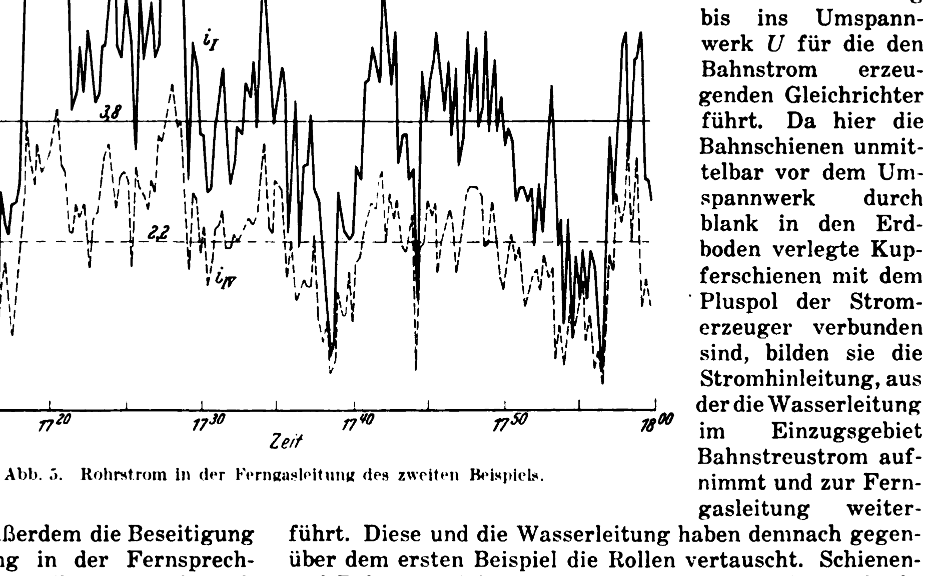


Abb. 5. Rohrstrom in der Ferngasleitung des zweiten Beispiels.

Digitized by Google

das Schienenpotential am tiefsten, ein großer Teil des Bahnstreustroms kehrt aus dem Erdboden ins Schienennetz zurück. Das infolgedessen dort herrschende tiefe Erdpotential beeinflußt das südwestlich der Grube in einem Flußtal mit hohem Grundwasserstand sich ausbreitende Gebiet bis in die Umgebung der Ferngasleitung, die vom Gaswerk her relativ hohes Potential überträgt. Dadurch entsteht ein längs der Gasleitung weit nach Südwesten sich erstreckendes Rohrkorrosionsgebiet.

Die anodische Stromwirkung war so heftig, daß die 4 mm dicke Rohrwand schon wenige Monate nach der Verlegung der Strecke trotz ihrer Schutzschicht aus Bitumen und Jute an zahlreichen Stellen durchlöchert wurde. Die Korrosionsstrecke beginnt unweit der Westgrenze des Werksgeländes (Meßpunkt *II*, Schadenstelle *7*), die am weitesten nach Südwesten bisher zutage getretene Schadenstelle *10* ist mehr als 3 km Streckenlänge davon entfernt. An den Schadenstellen liegt die Rohrleitung in feuchtem Untergrund, teilweise im Grundwasser, bei *11* im Bett eines in den Fluß mündenden Baches, was den Stromaustritt sehr begünstigt. Die chemische Untersuchung von Proben des vorherrschenden fetten Lehmbodens lieferte keinen Anhaltspunkt für rein chemischen Bodenangriff.

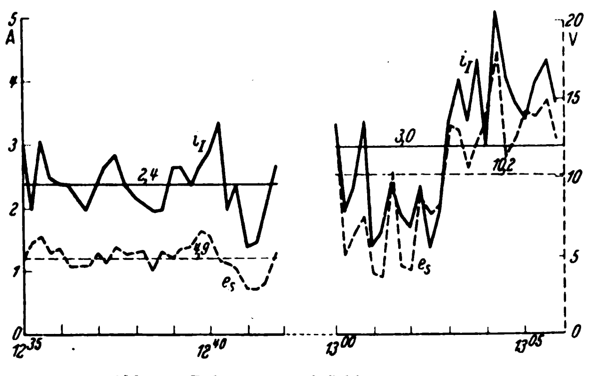


Abb. 6. Rohrstrom und Schienenspannung.

Die nach diesen Feststellungen berechtigte Annahme, daß die Gasrohrleitung starken Streustrom führen müsse, wurde durch Messung der Rohrstromstärke bestätigt. Die Ermittelung erfolgte auch hier mittelbar durch Messung des Spannungsabfalles und Errechnung des Widerstandes auf kurzer Rohrstrecke, und zwar gleichzeitig an mehreren Punkten, um auf die Stromabgabe auf den Zwischenstrecken schließen zu können. An allen Meßpunkten war der Rohrstrom vom Gaswerk weg gerichtet. Den zeitlichen Verlauf an den Meßpunkten *I* und *IV* veranschaulicht Abb. 5. Während einer Beobachtungsdauer von 50 min wurde am Anfang der Leitung, unmittelbar am Gaswerk bei I, im Mittel 3,8 A mit Spitzen bis annähernd 8 A, bei *IV* im Mittel 2,2 A festgestellt, so daß auf der 2,6 km langen Zwischenstrecke 1,6 A oder durchschnittlich 0,62 A/km austraten. Am Druckregler betrug der mittlere Rohrstrom noch 0,75 A, der sich im anschließenden Niederdrucknetz ausbreiten mußte. Für die einzelnen Zwischenstrecken ergibt sich:

	I—II	II—III	III—IV	IV—V
Länge km	0,8	0,6	1,2	5,0
Stromaustritt	1,10	0,90	0,15	0,29 A/km Rohrlänge
Stromaustritt	0,0325	0,0264	0,0044	0,0085 mA/dm² Rohroberfläche

Die Stromwerte sind örtliche Durchschnittswerte der Erdstromdichte, deren örtliche Höchstwerte in Anbetracht der ungleichmäßigen Zusammendrängung des Stromübergangs auf sehr kleine Teile der Rohroberfläche und der eingetretenen schnellen Zerstörung das Hundertfache und mehr betragen haben können.

Nach vergleichenden Messungen des gesamten, dem Grubenbetrieb entsprechend stark und unregelmäßig schwankenden mittleren Bahnstroms war diesem der mittlere Rohrstrom ungefähr proportional. Das durchschnittliche Verhältnis war 5,4 ‰, d. h. von je 1 A Gesamtstrom traten 5,4 mA in die Gasrohrleitung. Die Abhängigkeit ist insofern nicht ganz eindeutig, als das Verhältnis auch vom Ort des stärksten Bahnstromverbrauches und damit vom Schienenspannungsabfall e_s nach der Grube zu beeinflußt wird (Abb. 6). Je größer der Stromverbrauch im Gruben- und Abraumbetrieb gegen den Verbrauch der Aschenbahn, desto stärker der Rohrstrom. Die unter Benutzung einer provisorisch verlegten langen Meßleitung festgestellte Schienenspannung zwischen dem Schienenspeisepunkt bei U und einem Baggergleis betrug bei 750 A mittleren Gesamtstroms 16 V, die Spitze 37 V.

Vor der Durchführung dieser Messungen hatte die Werksleitung zur Verhütung weiterer Zerstörungen versucht, den Rohrstrom bei *II* und *III* durch auf die Rohroberfläche aufgeschweißte Leitungen aus Bandeisen unschädlich abzuleiten. Die Ableiter breiteten sich teils im Erdboden strahlenartig bis ins Grundwasser aus, teils waren sie mit geerdeten, in der Nähe verlaufenden Leitern, einer parallel neben der Gasleitung liegenden Sauerstoffleitung und einer Posterde, verbunden. Der Erfolg war unbefriedigend, die Verbindung mit der Sauerstoffleitung führte der Gasleitung sogar Strom zu, so daß sich Ab- und Zuleitung nahezu aufhoben.

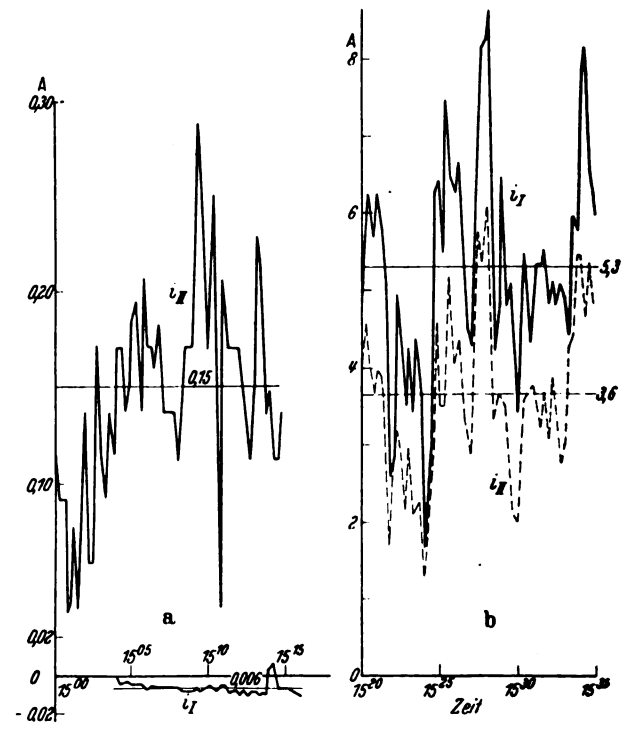


Abb. 7. Rohrstrom: a mit, b ohne Isolierflanschstücke.

Nunmehr entschloß sich die Werksleitung zum Einbau von Isolierflanschrohren in die Gasleitung: J_1 unmittelbar am Gaswerk, J_2 auf der Strecke *III–IV*, wo das Gelände etwas ansteigt und trockener Untergrund zu erwarten war. Die damit erreichte Rohrstromdrosselung war beträchtlich (Abb. 7):

Rohrstrom A	i_I	i_{II}	i_{III}	i_{IV}	i_V
ohne Isolierflanschen	5,30	3,65	2.91	2,18	0.75
mit Isolierflanschen	−0,01	0,15	0,16	0,04	≈ 0,00
Drosselung in %	≈ 100	96	94	98	≈ 100

Die nach dem Einbau bei *II* und *III* eingetretene kleine Zunahme erklärt sich durch Zufuhr teils unmittelbar aus dem Erdboden, teils mittelbar aus vielen, das von Streustrom verseuchte Gebiet durchziehenden geerdeten Leitern: Gleisen der Werksbahn und der Reichsbahn, Sauerstoffleitung, Wasserleitungen, Stark- und Schwach-

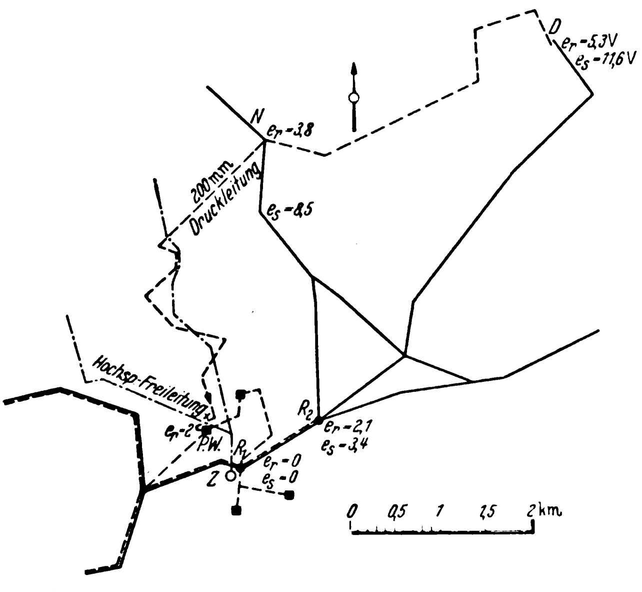
Digitized by Google

stromkabeln, Erdseilen der Hochspannungs-Freileitungen, Posterden. Der Reststrom ließe sich durch ein drittes Isolierstück im Werksgelände östlich von *II* weiter herabdrücken. Eine Vermehrung der Isolierstücke empfiehlt sich ohnehin, um die an den Isolierstücken entstandene Rohrspannung, bei J_1 1,1, bei J_2 2 V im Mittel, zu vermindern, weil sonst zu starke Streuung von Rohr zu Rohr an den Isolierstücken lokale Anfressungen zur Folge haben könnte. Das unterirdisch eingebaute Isolierstück J_1 läßt sich durch ein oberirdisches Isolierstück im Gaswerk ersetzen. Die neben der Gasleitung verlegte Sauerstoffleitung aus verschweißten 150 mm-Stahlrohren bedarf des gleichen Schutzmittels, ebenso die Werkswasserleitung, die mit dem Einbau der Isolierstücke in die Gasleitung und Sauerstoffleitung den ihr bisher durch den metallischen Zusammenhang gebotenen Ableitungsschutz verliert. Insbesondere empfiehlt sich Unterbrechung der Stromleitung in dem zum Umspannwerk *U* führenden Wasserrohrstrang.

Als Maßnahmen an der Bahnanlage kommen, außer der Sicherung genügender Leitfähigkeit der Schienenstöße, in Betracht: Ersatz der blanken Schienenspeiseleitung durch isolierte, Beseitigung einer Zusatzerdung des Pluspols, durch die im Mittel etwa 40 A = 5 % des Gesamtstroms ins Grundwasser abgeleitet wird, und gegebenenfalls die Herstellung von Querverbindungen zwischen verschiedenen Bahnstrecken an Näherungspunkten.

Drittes Beispiel.

Eine 9 km lange Druckwasserleitung aus 100 mm-Stahlrohren (Abb. 8) führt aus einem Pumpwerk durch schwach besiedeltes ansteigendes Gelände in nördlicher, später nordöstlicher Richtung, kreuzt etwa in der Mitte



P.W.	Pumpwerk	R_1, R_2	Schienenrückleitungspunkte
×	Korrosionsschaden	e_s	Schienenspannung gegen R_1
Z	Bahnzentrale	e_r	Rohrspannung gegen *Z*

Abb. 8. Lageplan für das dritte Beispiel.

der Strecke die Außenstrecke *N* eines verzweigten Straßenbahnnetzes, von dem in der Abb. 8 nur ein Teil dargestellt ist, und endigt am Endpunkt einer zweiten Außenstrecke *D*. Vom Pumpwerk führen Abfallrohrleitungen nach Süden in die Umgebung der im Flußtal gelegenen Bahnzentrale, wo die Nullpunkte des relativen Schienen- und Rohrpotentials liegen und am Rückleitungspunkt die Spannung Rohr-Schiene ihren positiven örtlichen Höchstwert, 4 V im Mittel, hat. Bei *D* wurde eine mittlere Rohrspannung von 5,3 V gemessen. Der Rohrspannungsabfall von *D* bis *N* betrug 1,5, von *N* bis zum P.W. 1,8 und von da bis zur Zentrale *Z* 2 V.

Oberhalb des P.W. bei ×, in der Luftlinie 0,33 km vom Schienenrückleitungspunkt R_1 entfernt, entstand infolge Durchfressens der Rohrwand von außen ein Rohrschaden. Die chemische Untersuchung des Erdbodens an der Korrosionsstelle, fetter Lehm, auf Eisen angreifende Bestandteile ergab negativen Befund. Die Rohrleitung wurde bei × aufgegraben, und der Rohrstrom sowie gleichzeitig mittels Erdsonde die Erdstromdichte an der Rohroberfläche gemessen. Der Rohrstrom war zum Pumpwerk gerichtet, der Erdstrom anodisch zur Rohrfläche. Beide Ströme folgten den rhythmischen Schwankungen des Bahnbetriebes und waren einander proportional (Abb. 9),

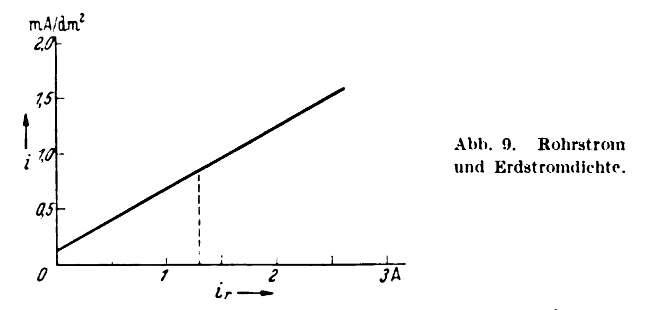


Abb. 9. Rohrstrom und Erdstromdichte.

dem mittleren Rohrstrom von 1,3 A entsprach die mittlere Erdstromdichte von 0,87 mA/dm². Die Ursache des vorzeitigen Rohrstromaustrittes an der Schadenstelle wird dem hier dicht neben der Rohrleitung stehenden Mast einer Hochspannungsfreileitung zugeschrieben, deren Erdseil im Nebenschluß zur Erde und zu den Abfallrohrleitungen des P.W. aus der Druckleitung Strom ansaugt und zur Zentrale weiterleitet.

Auch in diesem Fall ist, von Maßnahmen an der Bahnanlage abgesehen, außer Verstärkung der Schutzschicht an der Gefahrstelle und gegebenenfalls Umlegung der gefährdeten Rohrstrecke oder Versetzung des Leitungsmastes, der Einbau von Isolierstücken in die stromführende Rohrleitung das gegebene Schutzmittel.

Die Verwendung isolierender Rohrstücke ist keineswegs, wie es nach vorstehenden Ausführungen scheinen könnte, als ein in allen Fällen wirksames oder gar ausreichendes Schutzmittel gegen Streustromangriff zu bewerten. Das Verfahren kann, wie alle Selbstschutzmittel, abgesehen von betriebstechnischen Nachteilen und von der Kostenfrage, Folgen einschließen, die den Vorteil der Rohrstromdrosselung wieder aufheben. Das gleiche gilt, wie auch die Versuche zeigen, für den Ableitungsschutz[1]). Die Wahl des anzuwendenden Schutzverfahrens muß von Fall zu Fall geprüft werden. Alle Selbstschutzmittel an gefährdeten Rohrleitungen sollten, wie es auch in den deutschen Erdstromvorschriften zum Ausdruck kommt, erst in zweiter Linie in Erwägung gezogen werden, wenn die an der Streustromquelle durchführbaren Vorbeugungsmaßnahmen keine genügende Wirkung gewährleisten.

Zusammenfassung.

Durch Rohrstrom- und Erdstromdichte-Messung an außen korrodierten unterirdischen Wasser- und Gasrohrleitungen wird nachgewiesen, daß die Rohrschäden auf Streustrom elektrischer, weitab von den Schadenstellen verlaufender Gleichstrombahnen zurückzuführen sind, der durch Fernrohrleitungen hoher Leitfähigkeit auf kilometerweite Strecken übertragen wird. Der Rohrstromübergang wird hierbei durch gutleitenden feuchten Erdboden, durch metallische Verbindung zwischen Gas- und Wasserleitungen sowie durch andere, diesen benachbarte unterirdische metallische Stromleiter wie Kabelmäntel, Erdseile, Posterden, Reichsbahngleise begünstigt. Der Einbau von Isolierflanschstücken hat starke Rohrstromdrosselung erzielt und sich dadurch als wirksames Schutzmittel erwiesen.

[1]) Gas- und Wasserfach (1934) Nr. 3, S. 37.

Störungen der Funkausbreitung und das Auftreten von Sonneneruptionen.

Von **B. Beckmann VDE**, Berlin.

(Schluß von S. 948.)

DK 621.396.82 : 551.590.21

Daß nicht nur in einer unterhalb der E-Schicht entstehenden absorbierenden Schicht die dämpfende Wirkung liegen kann, folgt auch aus Abb. 6. Zur Erklärung dieses Bildes ist folgendes vorauszuschicken: Die beiden oben angeführten Registrierstreifen rühren von Echomessungen her, die mit konstanter Wellenlänge vorgenommen wurden. Nun kann man aber auch anders vorgehen und die Ionosphäre dauernd in gewissen Zeitabständen in einem bestimmten Frequenzbereich, z. B. von 10 bis 1 MHz, abtasten, indem fortlaufend die Abstimmung des Echosenders und parallel dazu die des Empfängers durchgedreht wird. Nach Gl. (1) ist die für die Reflexion der Wellenlänge λ notwendige Ionisation bei senkrechtem Welleneinfall ($\Theta = 90°$) gegeben durch die Beziehung:

$$N = \frac{\pi c^2 m}{\lambda^2 e^2} \quad (3)$$

Bei Verkleinerung der Wellenlänge wandert demnach der Reflexionspunkt innerhalb einer Schicht nach höheren Ionisationswerten, d. h. die Reflexionshöhe wächst. Ist das Ionisationsmaximum einer Schicht erreicht, tritt eine Unstetigkeit in der Anstiegskurve auf, indem der Reflexionspunkt dann auf den gleichen Ionisationswert der nächst höheren Schicht überspringt. Hier sieht man wieder eine mit zunehmender Frequenz entsprechend dem Schichtgradienten ansteigende Kurve. Aus diesen Kurven kann man auf die Ionisationsverteilung mit der Höhe schließen. Das Bild wird allerdings noch verwickelter durch den Vorgang der Wellenaufspaltung. Unter dem Einfluß des erdmagnetischen Feldes verhält sich die Ionosphäre wie ein doppelbrechendes Medium. Es entstehen zwei Komponenten, die bei verschiedenen Ionisationswerten zur Reflexion kommen. Da für beide die Gruppengeschwindigkeit sich in verschiedener Weise mit der Frequenz ändert, treten gelegentlich Durchschneidungen der Reflexionskurven auf. Hierauf einzugehen würde an dieser Stelle zu weit führen. Das Gesagte genügt aber, um aus den Kurven Abb. 6 das für den Dellinger-Effekt Bedeutsame herauszulesen.

Die Aufnahmen wurden vom Bureau of Standards am 31. 7. 1937 in Maryland gemacht. Der Sender wurde jede Viertelstunde im Frequenzbereich von 0,5 bis 16 MHz durchgedreht. Die Aufnahmen liegen in dem Zeitintervall von 10^{00} bis 16^{00} (Ortszeit). Man sieht auf den Registrierungen bis 11^{00} über dem Bodensignal E-Schicht und F_1-Schicht in einfacher Reflexion. Bei höheren Frequenzen ist außerdem F_2-Reflexion doppelt bzw. dreifach vorhanden. Im Frequenzbereich 4 bis 6 MHz sind alle drei Schichten gleichzeitig sichtbar. Die erste Auswirkung des Dellinger-Effektes zeigt sich um 11^{15}. Hier ist plötzlich nur noch eine einfache Reflexion der F_2-Schicht oberhalb 4,5 MHz sichtbar, während die darunterliegenden Gebiete der F_1-Schicht und E-Schicht ihre Reflexionsfähigkeit verloren haben. Sie absorbieren aber noch nicht vollständig, sondern lassen einen Teil der Strahlung durch, mit dem die obere Schicht sichtbar wird. Die Aufnahmen um 11^{30}, 11^{45} und 12^{00} zeigen im ganzen Frequenzbereich keine Reflexion. Die Registrierung um 12^{15} läßt ein Abklingen der Störung erkennen. Im Bereich von 5,8 bis 8 MHz wird eine einfache schwache F_2-Reflexion sichtbar. Die folgende Aufnahme zeigt sie schon ausgeprägter im Bereich von 5,5 bis 8 MHz. Um 12^{45} beginnt die F_2-Reflexion bereits bei 4,5 MHz, während von 4 bis 4,3 MHz eine Andeutung einer E-Reflexion vorhanden ist. Auf den weiteren Aufnahmen sieht man neben der F_2-Reflexion langsam zunehmende Reflexionen im F-Niveau. Aber erst gegen 15^{00} wird ein der Aufnahme vor dem Einsetzen des Effektes ähnliches Bild erreicht, auf dem wieder im Bereich von 4 bis 6 MHz alle drei Schichten sichtbar sind. Aus diesem Verlauf kann man schließen, daß auch das F-Gebiet der Ionosphäre in seinem Reflexionsvermögen verändert wird, wenn auch entsprechend der kleineren Gasdichte in geringerem Maße als das E-Gebiet. Es wäre sonst nicht erklärbar, daß in demselben Frequenzbereich, in dem vorher F_1- und F_2-Schicht sichtbar waren, beim Abklingen des Effektes zunächst nur F_2-Schicht gesehen wird. Man kann kaum annehmen, daß die normale F_1-Schicht einen schlechteren Reflexionskoeffizienten aufweist als die F_2-Schicht. Es ist deshalb wahrscheinlich, daß die eindringende Strahlung in den verschiedensten Höhen der Atmosphäre entsprechend dem Gasdruck und dem Absorptionskoeffizienten der dort vorhandenen Gase eine zusätzliche Ionisierung hervorruft. Diese absorbierenden Bereiche, die in ihrer dämpfenden Wirkung nach unten hin zunehmen, müssen, da sich keine Höhenänderungen bei dem Effekt bemerkbar machen, entweder sehr schmal sein, oder es müßte ein Mechanismus vorliegen, der zwar die Ladungsträgerdichte im wesentlichen auf denselben Wert hält, der aber das Verteilungsverhältnis Ionen – Elektronen beim Dellinger-Effekt zugunsten der Ionen verschiebt. Man kann daran denken, daß bei großem Elektronenüberschuß die Bildung negativer Ionen durch Anlagerung an neutrale Atome unter Umständen zunimmt. Hiermit würde eine erhebliche Vergrößerung der Stoßzahl [s. Gl. (2)] und damit der Dämpfung gegeben sein, während die Gesamtzahl der Ladungsträger nicht stark anzuwachsen braucht.

Wie im vorstehenden auseinandergesetzt wurde, treten bei dem Dellinger-Effekt in den verschiedenen Gebieten der Ionosphäre, insbesondere in ihrem unteren Teil, Veränderungen des normalen Ionisationszustandes auf. Als Ursache wird eine von den Sonnenfackeln ausgehende Wellenstrahlung angenommen. Der die Höhenionisation erzeugende Anteil der Sonnenstrahlung liegt im Ultraviolett. Dies läßt schon der mit der elfjährigen Sonnenfleckenperiode parallel verlaufende Ionisationszustand erkennen. Die Solarkonstante, die diesen Teil des Spektrums nicht enthält, ist kaum jährlichen Veränderungen unterworfen. Wäre in der Atmosphäre nur ein Gas vorhanden, so würde bei einer bestimmten Frequenz eine Schicht entstehen, deren Lage nur vom Druckgradienten abhängig ist. In einem Gasgemisch, wie es die Luft darstellt, können beim Eintreffen einer den Spektralbereich der Ionisationsfrequenzen umfassenden Strahlung entsprechend der verschiedenen Absorptionskoeffizienten mehrere Schichten auftreten. Um über ihre Lage etwas aussagen zu können, muß man Annahmen über die Zusammensetzung der Luft in diesen Höhen machen und die Absorptionsverhältnisse der vorhandenen Gase kennen. Über die Zusammensetzung der Luft ist uns aus Nordlichtbeobachtungen einiges bekannt. Im Nordlichtspektrum werden Sauerstofflinien und Stickstoffbanden festgestellt. Die in großen Höhen vermuteten leichteren Gase Helium und Wasserstoff konnten nicht nachgewiesen werden. Die ebenfalls in der Nordlichtregion (100 bis 1000 km) festgestellte langsame Druckabnahme kann nur durch die Annahme erklärt werden, daß sich die genannten Gase hier in atomarem Zustand befinden.

Die Absorptionsverhältnisse für Sauerstoff und Stickstoff sind in Abb. 7 dargestellt. Im äußersten Ultraviolett finden wir zunächst eine Sauerstoffabsorption, deren Maximum bei der Wellenlänge 544 Å liegt. Sie bedeckt den verhältnismäßig großen Bereich von 1100 bis 300 Å. Außerdem liegt bei 525 Å eine geringe Stickstoffabsorp-

Digitized by Google

tion. Eine starke Resonanzstelle für Stickstoff finden wir bei 810 A. Eine weitere Absorptionsstelle für Sauerstoff liegt bei 1450 A. Hinzu kommt noch die Absorption von Ozon im Bereich 2300 bis 2800 A. Somit ist das ganze Ultraviolettspektrum ausgefüllt bis auf eine Lücke zwischen 1300 und 1100 A.

Die beim Dellinger-Effekt auf der Sonne festgestellte Eruption wird im Lichte der H_α-Linie, der ersten Linie der Balmer-Serie des Wasserstoffs, gesehen. Sehr wahrscheinlich treten gleichzeitig auch Emissionen im Ultraviolett auf. Da im Gebiet der *E*- und *F*-Schicht Sauerstoff und Stickstoff vorhanden sind, kommt für eine unterhalb der *E*-Schicht ionisierende Strahlung nur der Spektralbereich der Ozonabsorption in Frage. Eine weitere Möglichkeit der Ionisierung besteht noch in der Absorptionslücke zwischen 1300 und 1100 A. In diesem Gebiet liegt die erste Linie der Lyman-Serie des Wasserstoffs bei 1215,7 A, deren Emission bei einem Fackelausbruch neben der H_α-Linie vermutet wird. Allerdings dürfte nach unserer Kenntnis diese Strahlung kaum viel tiefer als bis zur *E*-Schicht eindringen. Die Wellenlänge der bis etwa 60 km Höhe vordringenden Strahlung ist sicher größer als 2000 A. Eine Ionisation in diesem Gebiet, die beim Dellinger-Effekt unter Umständen auftritt, würde demnach nur die Ozonabsorption bringen.

Das *F*-Gebiet der Ionosphäre kommt wahrscheinlich in der Hauptsache durch Stickstoffabsorption zustande, während die *E*-Schicht durch Sauerstoffabsorption gebildet wird. Die Veränderung der Ionisation in diesen Schichten wird durch eine Zunahme der Strahlungsintensität hervorgerufen. Es ist hierbei zu bedenken, daß die Strahlungsenergie der Sonne im äußersten Ultraviolett viel größer sein kann, als sich durch Rechnung bei der Annahme ergibt, daß die Sonne einen schwarzen Körper von 6000 bis 7000° K darstellt.

Neben der Strahlungsintensität spielt hinsichtlich der ionisierenden Wirkung noch der Einfallswinkel der in die Atmosphäre eindringenden Strahlung eine Rolle. Die Intensität des Dellinger-Effektes zeigt dementsprechend auch eine ausgeprägte Abhängigkeit vom Sonnenstand. Wie man bei der Echolotung festgestellt hat, tritt er unter Mittag am heftigsten auf, während er am Spätnachmittag eine geringere Intensität aufweist. Ebenso zeigt sich auch eine Breitenabhängigkeit. Die intensivere Wirkung des Effektes in der Äquatorzone erkennt man an dem gleichzeitigen Auftreten der oben erwähnten erdmagnetischen

Abb. 6. Im Frequenzbereich von 1 bis 16 MHz während eines Dellinger-Effektes vorgenommene „Durchdrehaufnahmen“. (L. V. Berkner und H. W. Wells, Washington).

Störung. Diese zeigt sich in allen Komponenten und macht die Anomalien der täglichen Variationen mit, eine Tatsache, die eine Bestätigung der Stewart-Schusterschen Theorie darstellt. Nach ihr werden bekanntlich die täglichen Variationen des Erdmagnetismus durch Kreisströme in bzw. unterhalb der *E*-Schicht bewirkt, in einer Höhe, in der auch beim Dellinger-Effekt Ionisationsveränderungen eintreten. Es ist noch von Interesse zu erwähnen, daß diese Art der erdmagnetischen Störungen schon von Birkeland eingehend studiert wurde. Er wußte bereits, obwohl damals die Funkstörung noch nicht bekannt war,

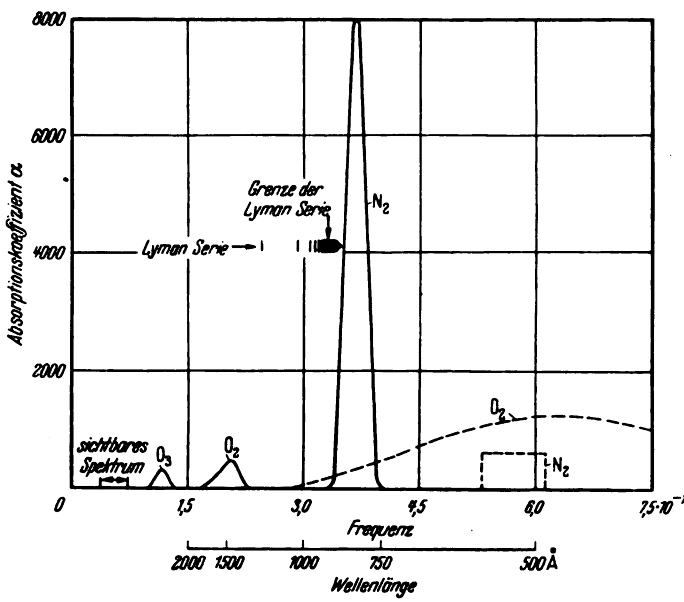


Abb. 7. Absorption der Sonnenstrahlung in Sauerstoff und Stickstoff.

daß diese erdmagnetischen Störungen, die er als den „Cyclo-median storms"-Typus bezeichnet, nur auf der Tagesseite der Erde auftreten und war auch der Ansicht, daß sie durch elektrische Ströme in hohen Atmosphärenschichten verursacht werden.

Eine Bestätigung der beim Dellinger-Effekt eintretenden starken Ionisationszunahme scheint auch die Beobachtung der Ultrakurzwellenausbreitung zu ergeben. Unter normalen Verhältnissen liegt die Grenzwelle bei etwa 10 m. Sie verschiebt sich entsprechend der elfjährigen Sonnenfleckenperiode. Zu gewissen Zeiten tritt aber auch ganz plötzlich eine überraschend gute Fernübertragung im Bereich von 7 bis 10 m auf. H. A. Hess beobachtete am 14. 10. 1936 um 17^{21} MEZ. eine plötzlich einsetzende gute Ausbreitung auf 8,25 m. Die astronomischen Beobachtungen meldeten zu diesem Zeitpunkt eine starke helle chromosphärische Eruption. Ebenso wurden von ihm bei einem am 6. 11. 1936 um 17^{13} auftretenden intensiven Dellinger-Effekt äußerst gute Ausbreitungsverhältnisse auf 10 m und darunter festgestellt. Da es nun auch eine Anzahl anderer Ursachen gibt, die die Ausbreitung im Ultrakurzwellenbereich begünstigen, muß zunächst noch weiteres Beobachtungsmaterial gesammelt werden, bevor man über diese Erscheinung Näheres aussagen kann.

Die Untersuchungen des Dellinger-Effektes werden überall fortgesetzt. Die Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost beteiligt sich an diesen Arbeiten im Zusammenhang mit Ionosphärenmessungen. Auf den Empfangsstationen des Übersee- und Europaverkehrs werden fortlaufend die Ausbreitungsbedingungen auf den einzelnen Funklinien beobachtet. Hierbei wurde in der Hauptsache die Verteilung der Intensität des Dellinger-Effektes auf den verschiedenen Linien untersucht. Es wurde ein sehr unterschiedliches Verhalten gefunden. Die beobachteten Stationen liegen im Wellenbereich von 20 bis 45 m. Ein Parallelgang der Intensität mit der Wellenlänge allein war innerhalb dieses Bereiches nicht festzustellen. Ebenso ist auch die Verteilung der Intensität nicht allein von der Leistung der Sender abhängig. Dagegen scheint eine Beziehung zur Entfernung der einzelnen Stationen vorzuliegen. Wahrscheinlich hängt diese Erscheinung mit der Änderung des Reflexionsvermögens der Ionosphäre in Abhängigkeit vom Einfallswinkel zusammen. Bekanntlich nimmt das Reflexionsvermögen einer Schicht mit wachsendem Einfallswinkel zu. Es ist nun sehr wahrscheinlich, daß beim Abklingen der bei einem Dellinger-Effekt auftretenden Ionisation diejenige Strahlung zuerst wiederkehrt, deren Einfallswinkel ein günstigeres Reflexionsvermögen ergibt. Das Reflexionsvermögen wird beim Vorliegen mehrerer Schichten nicht mehr stetig mit der Entfernung zunehmen, sondern in solchen Entfernungen, wo die Strahlung von einer Schicht auf die tieferliegende übergeht, tritt sicher wieder eine Verschlechterung des Reflexionsvermögens ein, da im Falle der Erreichung der Grenzwelle die Dämpfung erheblich anwächst. Ob auf diese Weise der gefundene Intensitätsverlauf zu erklären ist, mag dahingestellt bleiben. Sicher überlagert sich der Entfernungsabhängigkeit noch der Einfluß der Wellenlänge und der Leistung der Sender.

Zusammenfassung.

1. Der als Dellinger-Effekt bezeichnete Kurzschwund, dessen Entstehung mit Sonneneruptionen in Verbindung gebracht wird, ist ein Absorptionsschwund.

2. Bei seinem Auftreten wurden in einer Anzahl von Fällen im Spektrohelioskop chromosphärische H_α-Eruptionen gesehen.

3. Eine von diesen Fackeln ausgehende ultraviolette Strahlung wird als Störungsursache angesehen. Wie Echomessungen zeigen, ruft sie in der Ionosphäre, insbesondere in ihrem unteren Bereich, eine zusätzliche Ionisierung hervor, die zu einer Dämpfungsvermehrung und damit zu einer Verschlechterung des Reflexionsvermögens Veranlassung gibt.

4. Im Kurzwellenbereich wird ein Schwund beobachtet, der häufig total ist, während auf sehr langen Wellen und nach neueren Untersuchungen anscheinend auch bei Wellen unterhalb 10 m die Ausbreitungsverhältnisse sich vorübergehend verbessern.

5. Der Effekt tritt nur bei Funklinien ein, die über die sonnenbeschienene Seite der Erde gehen.

6. Seine Intensität wächst unter sonst gleichen Bedingungen mit zunehmender Wellenlänge innerhalb des Kurzwellenbereiches. Diese Abhängigkeit ist allerdings nur bei größeren Differenzen festzustellen, da außerdem noch die Verschiedenheit der Leistung und Entfernung der Stationen die Intensität des Effektes beeinflußt.

7. Eine ausgeprägte Periodizität der Erscheinung liegt nicht vor.

8. Nicht mit jedem Fackelausbruch ist ein Schwund verbunden. Eine Erklärung hierfür wurde bisher nicht gefunden.

9. Am Äquator wird gleichzeitig mit der Sonneneruption eine erdmagnetische Störung festgestellt, deren Intensität nach den Polen zu abnimmt. Gelegentlich wird auch ein Auftreten von Erdströmen beobachtet.

Im vorliegenden Aufsatz wurde über den derzeitigen Stand unserer Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Funkstörungen und Sonneneruptionen berichtet. Die auf diesem Gebiet noch vorliegenden Unklarheiten zu beseitigen, muß das Ziel der weiteren Untersuchungen sein.

Aus dem Schrifttum.

1. H. Mögel, Über die Beziehungen zwischen Störungen des Kurzwellenempfangs und den erdmagnetischen Störungen. Elektr. Nachr.-Techn. 9 (1932) S. 71.
2. H. Mögel, Kurzwellenempfang und Sonnentätigkeit. Telefunkenztg. 13 (1933) Nr. 60, S. 32.
3. J. H. Dellinger, A new solar radio disturbance. Electronics 9 (1936) S. 25.
4. J. H. Dellinger, A new cosmic phenomenon. Science, N.Y. 82 (1935) S. 351 u. 548.
5. R. S. Richardson, Sunspot activity and radio-transmission fadeouts. Trans. Amer. geophys. Union, part I (1936) S. 172.
6. D. Arakava, Abnormal attenuation in short radio-wave propagation. Rep. Radio Res. Japan 6 (1936) S. 169.
7. R. Bureau und J. Maire, Ionospheric anomalies of sudden onset. C. R. Acad. Sci., Paris 203 (1936) S. 1257.

Digitized by Google

8. O. Morgenroth, Die tote Viertelstunde. C. Q. (1936) Juni, S. 83 und Okt., S. 147 und Funk (1936) H. 11 u. 19.
9. G. Leithäuser, Über ungewöhnliche Höhenionisation am 14. Februar 1936. Funktechn. Mh. (1936) H. 7, S. 1.
10. A. G. McNish, Magnetic effects associated with bright solar eruption and radio fadeouts. Nature 139 (1937) S. 244.
11. J. H. Dellinger, Sudden disturbances on the ionosphere. Proc. Inst. Radio Engrs. 25 (1937) Nr. 10 u. J. Res. Nat. Bur. Stand. 19 (1937) S. 111.
12. J. H. Dellinger, Sudden ionospheric disturbances. Terr. Magn. 42 (1937) S. 49.
13. R. S. Richardson, Relation between bright chromospheric eruptions and fadeouts of high-frequency radio-transmission. Pub. Astron. Soc. Pacific 49 (1937) S. 82.
14. M. Waldmeier, Sonneneruptionen und ionosphärische Störungen. Z. Astrophys. 14 (1937) S. 229.
15. O. Morgenroth, Sonnentätigkeit und Kurzwellenausbreitung, das Dellinger-Phänomen. Funktechn. Mh. (1937) H. 7, S. 211.
16. H. A. Hess, Unregelmäßigkeiten bei der Ausbreitung der Ultrakurzwellen und Störungen der Ionosphäre. Funktechn. Mh. (1937) H. 7, S. 217.
17. L. V. Berkner u. A. W. Wells, Studies of radio fadeouts. Terr. Magn. 42, (1937) S. 183.
18. G. Leithäuser u. B. Beckmann, Neues über den Dellinger-Effekt. Funktechn. Mh. (1938) H. 1, S. 1.
19. O. R. Wulf u. L. S. Deming, On the production of the ionospheric regions E and F and the lower-altitude ionisation causing radio fadeouts. Terr. Magn. 43 (1938) S. 283.
20. E. V. Appleton, Radio-transmission and solar activity. Nature, Lond. 142 (1938) S. 499.
21. K. Maeda, Solar radiation — especially the influence of faculae on upper-atmospheric ionisation. Electrotechn. J., Tokio 2 (1938) S. 241.
22. B. Beckmann, W. Menzel und F. Vilbig, Das zeitliche Auftreten des Dellinger-Effektes und seine Intensitätsverteilung auf verschiedene Funklinien. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 27 (1938) S. 555.

Elektrische Sicherheitsschaltungen zur Unfallverhütung in Krananlagen.

Von H. Hootz, Berlin.

DK 621.316.578 : 614.8

Übersicht. Das Arbeiten an Maschinen erfordert von der Bedienung Aufmerksamkeit und Vorsicht, um Unfälle zu vermeiden. Dies gilt ganz besonders für die elektrisch betriebenen Krananlagen, weil der Kranführer durch Unaufmerksamkeit nicht nur sein eigenes Leben, sondern auch das seiner Arbeitskameraden gefährden kann. Es ist daher das Bestreben der Technik, Sicherheitsvorrichtungen zu schaffen und elektrische Schaltungen zu entwickeln, die der menschlichen Unzulänglichkeit und Schwäche Rechnung tragen und die Gefolgschaftsmitglieder so weit wie möglich gegen Unfälle sichern.

Die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, die am 1. April 1934 in Kraft getreten sind, schreiben vor, daß „der Hub bei elektrischem Antrieb durch Notschalter (Endschalter) begrenzt werden muß“. Aber auch die Fahrbewegungen eines Kranes und andere durch einen endlichen Weg begrenzte Bewegungen, z. B. die Wippbewegung eines Auslegerdrehkranes, müssen in vielen Fällen zur Vermeidung von Unfällen durch Endschalter gesichert sein. Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Bauarten von Endschaltern, nämlich Hebelendschalter (Abb. 1), die durch ein Schaltlineal z. B. von der gehobe-

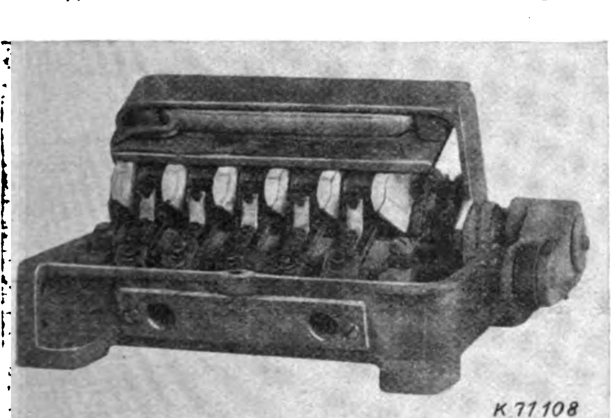


Abb. 1. Hebelendschalter.

nen Last oder der fahrenden Laufkatze betätigt werden, und Spindel- oder Getriebeendschalter (Abb. 2), die mit irgendeinem Triebwerksteil unmittelbar oder durch eine Übersetzung gekuppelt sind, also durch das Triebwerk selbst betätigt werden. Die Bewegung der Schalterwelle erfolgt bei letzteren entweder durch eine auf einer Spindel laufenden Wandermutter oder durch eine mit Schaltnocken versehene, durch ein Zahnradgetriebe betätigte Scheibe. Bei Wirkung des Endschalters wird die Stromzufuhr zum Motor und zum Bremslüftgerät unterbrochen, so daß sich die mechanische Bremse schließt und der Antrieb zum Stillstand kommt. Bei kleineren Leistungen werden die Zuleitungen zum Motor unmittelbar durch den Endschalter geschaltet — dann spricht man von einem Starkstromendschalter —; bei größeren Leistungen unterbricht der Endschalter den Starkstromkreis nur mittelbar unter Zwischenschaltung eines elektromagnetischen Schützes; der Endschalter ist also dann ein Hilfsstrom-Endschalter.

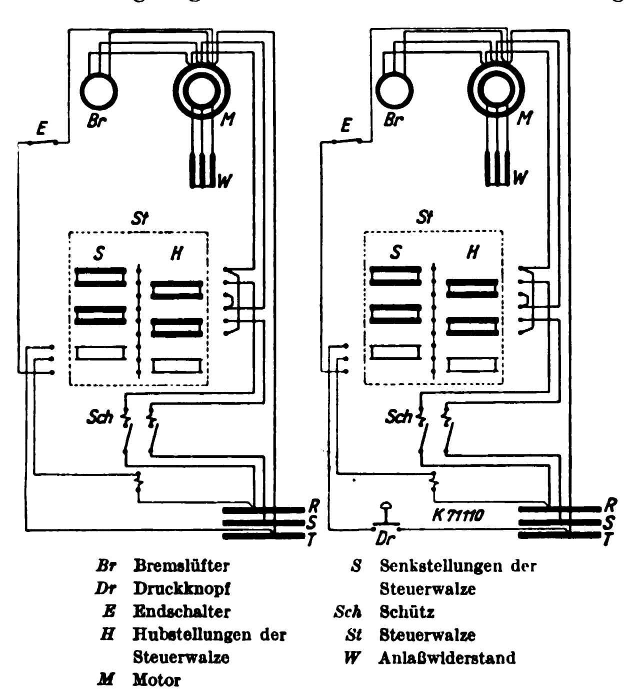
Abb. 2. Spindelendschalter.

Im allgemeinen werden die Endschalter derart in dem Stromkreis eingeschaltet, daß nach dem Zurückführen der Steuerwalze in die Nullstellung und Wiedereinschalten in entgegengesetzter Fahrtrichtung sofort wieder gesenkt werden kann bzw. die Rückwärtsfahrt eingeleitet wird. Die zum Endschalter führenden Leitungen werden also durch Kontakte in der Steuerwalze überbrückt. Diese einfachste und am meisten angewendete Endschaltung (Abb. 3, links) hat aber den großen Nachteil, daß durch einen leicht möglichen Bedienungsfehler der Steuerwalze schwere Unglücksfälle eintreten können. Der Kranführer soll nämlich den Endschalter nur als Notschalter betrachten und daher kurz vor Erreichen der Endstellung den jeweiligen Antrieb durch Zurückschalten der Steuerwalze in die Nullstellung stillsetzen. Schaltet er nun hierbei versehentlich über die Nullstellung hinaus, z. B. auf die erste Senkstellung, so gibt er zwar dort Gegenstrom, lüftet aber gleichzeitig die Bremse von neuem, die auch nach dem Ausstoßen des Endschalters nicht abfällt, da dieser auf der Senkseite der Steuerwalze umgangen wird. Unter dem Einfluß des verhältnismäßig geringen Gegenstromes auf der ersten Senkstellung läuft das Triebwerk allzu lange nach, so daß ein Überfahren der Endlage und ein Abreißen des Lasthakens eintreten kann.

Um solche ernsten Folgen eines an sich geringen Bedienungsfehlers zu vermeiden, kann man die Schaltung so einrichten, daß eine Rückfahrmöglichkeit in entgegengesetzter Richtung nach dem Ausstoßen des Endschalters nicht unmittelbar besteht. Der Kranführer wird vielmehr

Digitized by Google

gezwungen, seinen Führerstand zu verlassen und die Hubwinde von Hand so lange im Senksinne zu bewegen, bis der Endschalter wieder geschlossen ist. Hierdurch wird der Kranführer dazu erzogen, den Endschalter nur als Notschalter zu betrachten. Es gibt aber Kranarten, bei denen eine derartige Endschaltung nicht ausführbar ist, z. B. bei Gießkranen. In diesen Fällen muß eine sofortige Rückfahrmöglichkeit nach dem Betätigen des Endschalters unbedingt verlangt werden, ohne daß die bei der normalen Endschaltung mögliche Gefahr besteht. Abb. 3 rechts zeigt



Br Bremslüfter
Dr Druckknopf
E Endschalter
H Hubstellungen der Steuerwalze
M Motor
S Senkstellungen der Steuerwalze
Sch Schütz
St Steuerwalze
W Anlaßwiderstand

Abb. 3. Hilfsstromendschaltung.

eine Schaltung, bei der eine sofortige Rückfahrmöglichkeit dadurch gegeben ist, daß der Kranführer nach dem Ausschalten des Endschalters auf der ersten Senkstellung des Steuergerätes diesen durch einen Druckknopf überbrückt. Die mechanische Bremse fällt also bei dieser Schaltung auch dann ein und setzt das Triebwerk still, wenn der Kranführer versehentlich beim Zurückführen der Steuerwalze über die Nullstellung hinaus auf die erste Senkstellung schaltet, und nicht gleichzeitig den Überbrückungs-Druckknopf betätigt. Um auch diese Möglichkeit der Herbeiführung von Unglücksfällen auszuschalten, kann man die Überbrückung des Endschalters durch ein mit dem Triebwerk gekuppeltes Sperrgerät bewirken, das seinen Kontakt so lange geöffnet hält, bis die Drehzahl nahezu Null geworden ist.

Der sich bei der Endschaltung ergebende Nachlaufweg ist bei Hubwerken im wesentlichen vom Schwungmoment des Motorankers und von der Drehzahl abhängig, bei der abgeschaltet wird. Daneben spielt aber auch die Last eine große Rolle. Die schwere Last unterstützt beim Abschalten der Hubbewegung die Bremswirkung der mechanischen Bremse; bei leichten Lasten und dem leeren Haken ist dagegen eine nennenswerte Unterstützung der Bremswirkung nicht vorhanden., So kommt es, daß der Nachlaufweg beim leeren Haken wesentlich größer ist als bei Vollast. In Gleichstromanlagen, bei denen im allgemeinen Reihenschlußmotoren verwendet werden, sind die Unterschiede noch größer, da die Motordrehzahl mit zunehmender Entlastung steigt und die im Anker aufgespeicherte lebendige Energie mit dem Quadrat der Drehzahl zunimmt. Auf Grund dieser Tatsache werden die Endschalter für den größten Nachlaufweg beim leeren Haken eingestellt, so daß also schwere Lasten, bei denen der Nachlaufweg wesentlich geringer ist als beim leeren Haken, nicht bis in die äußerste Endlage gehoben werden können. Dies ist bei manchen Kranen von Nachteil, insbesondere in Werkstätten, in denen zwei übereinanderliegende Kranbahnen vorhanden sind und der oben laufende Kran mit oder ohne Last über den darunter laufenden hinwegfahren muß. In solchen Fällen muß die zur Verfügung stehende Hubhöhe voll ausgenutzt werden. Die Nachlaufwege können nun bei leichten Lasten und dem leeren Haken nur dadurch verkürzt werden, daß zwangläufig mit verminderter Geschwindigkeit in die Endlage gehoben wird. Dies wird durch eine zweistufige Verzögerungsendschaltung erreicht, deren Arbeitsweise aus Abb. 4 hervorgeht. Beim Einfahren in die Verzögerungsstrecke wird ein Vorendschalter betätigt, durch den der Antrieb stillgesetzt wird, sofern nicht auf eine der ersten Steuerwalzenstellungen zurückgeschaltet oder die durch einen Drehzahlwächter überwachte Geschwindigkeit auf einen vorher eingestellten niedrigen Wert verringert wurde. Die dargestellten und hier beschriebenen Schaltungen können auch bei Gleichstromkranen angewendet werden. Es empfiehlt sich jedoch, eine allpolige Abschaltung des Bremslüfters durchzuführen.

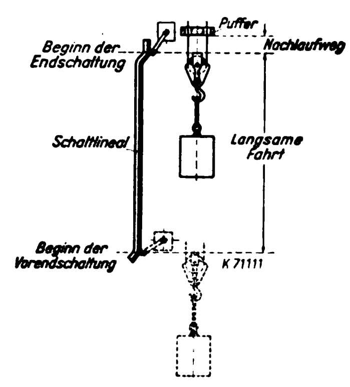
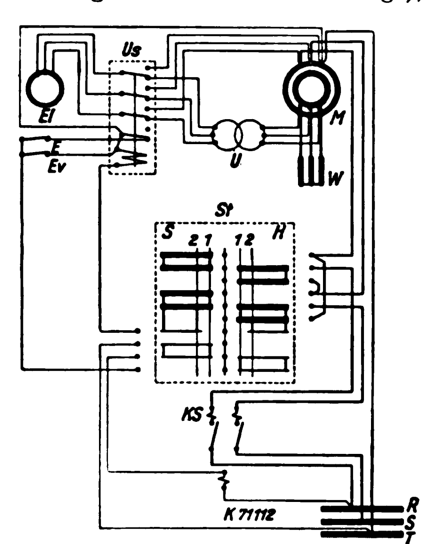


Abb. 4. Verzögerungsendschaltung.

Während diese Art der Verzögerungsendschaltung bei Hubwerken mit Erfolg angewendet werden kann, weist sie bei Fahrwerken, bei denen zu den umlaufenden Massen noch die geradlinig bewegten hinzukommen, den Nachteil auf, daß eine nennenswerte Geschwindigkeitsverminderung durch Zurückschalten der Steuerung auf die erste Stellung, also Einschalten von Widerständen in den Läuferkreis des Motors, nicht eintritt. Durch die Einführung der Eldrobremssteuerung[1]), mit der bekanntlich



El Eldrolüfter
E Endschalter
Ev Vorendschalter
H_1, H_2 Hubstellungen der Steuerwalze
KS Kraftschütz
M Motor
S_1, S_2 Senkstellungen der Steuerwalze
St Steuerwalze
U Umspanner
Us Umschaltschütz
W Anlaßwiderstand

Abb. 5. Schaltbild zur Verzögerungsendschaltung mit Eldrobremssteuerung.

auf der gleichen Steuerwalzenstellung Brems- und Kraftmomente erzeugt werden können, ist eine wesentliche Verbesserung dieser einfachen Verzögerungsendschaltung erzielt worden, die sowohl für Hubwerke als auch für Katz- und Kranfahrwerke verwendet werden kann. Bei dieser wird der Kranführer nach Abb. 5 gezwungen, in der Verzögerungsstrecke auf die Stellung H_1 mit Eldroregelbremsung zurückzuschalten, auf der eine Weiterfahrt nur mit etwa 20 % der vollen Geschwindigkeit möglich ist. Der Endschalter für die äußerste Begrenzung des Hub- oder Fahrweges kann nun sehr dicht an die äußere Grenzlage verlegt werden, da der Nachlaufweg beim Abschalten aus

[1]) C. Schiebeler, ETZ 57 (1936) S. 47. AEG-Mitt. (1938) H. 2, S. 76. Werft, Reed., Hafen 20 (1938) H. 7, S. 94.

Digitized by Google

20 % Geschwindigkeit sowohl bei Vollast als auch beim leeren Haken praktisch gleich gering ist. Die lebendige Energie der in Bewegung befindlichen Massen wird durch die Eldrobremssteuerung auf weniger als 5 % des größten Wertes verringert, so daß die Anfahrmaße klein gehalten werden können.

Für schnellfahrende Krane und Katzen mit großer Massenwirkung sind elektrische Bremsschaltungen notwendig, durch die die Massen vor Erreichen der äußersten Endstellung elektrisch auf kleine Geschwindigkeiten abgebremst werden. Eine Schaltung, die auch den höchsten Ansprüchen an Betriebssicherheit, Einfachheit und Wirtschaftlichkeit genügt, wird z. B. für eine Greiferlaufkatze mit einer Geschwindigkeit von 300 m/min ausgeführt, bei der zum Verfahren der Katze 2 Drehstrommotoren von je 65 kW 40 % ED bei 735 U/min und zum Bremsen zwei mit diesen gekuppelte Gleichstrom-Bremsdynamos verwendet werden. Die Bremsdynamos sind während des Fahrens nicht erregt. Die Erregung wird erst zum Bremsen durch Schalten der Steuerwalze auf die Bremsstellung oder selbsttätig durch den Endschalter bei Erreichen der Verzögerungsstrecke eingeschaltet. Durch die bekannte Wirkung einer parallel zu den Feldern der Bremsgeneratoren liegenden Dämpfungsmaschine[2]) steigt die Felderregung ganz allmählich an und steigert damit das Bremsmoment von Null auf seinen Höchstwert, das durch die Abnahme der Drehzahl wieder auf Null abnimmt. Hierdurch wird eine vollkommen ruckfreie und doch kräftige Bremsung erzielt, die sich sogar selbstätig der jeweiligen Einfahrgeschwindigkeit in die Verzögerungsstrecke anpaßt. Wird z. B. nur mit halber Geschwindigkeit in die Verzögerungsstrecke eingefahren, so erzeugen die Bremsgeneratoren wesentlich geringere Bremsmomente als bei voller Geschwindigkeit. Damit stets bis an die Puffer gefahren werden kann, ist außerdem die Möglichkeit vorgesehen, in der Verzögerungsstrecke auch noch die Drehstrom-Fahrmotoren einzuschalten. Es ist selbstverständlich auch bei dieser Schaltung Vorkehrung dafür getroffen, daß bei Versagen der Gleichstrombremsung in der Verzögerungsstrecke die mechanische Bremse einfällt und die Triebwerke stillsetzt.

[2]) AEG-Mitt. (1931) H. 7, S. 438. Fördertechn. 26 1933) S. 159.

Zusammenfassung.

Betriebssichere Endschaltungen an Krantriebwerken sind eine Forderung, die jeder Betriebsführer eines Industrieunternehmens im Interesse der Verhütung von Betriebsunfällen stellen sollte. Die Mittel für ihre Durchführung sind mannigfaltig und je nach den Betriebsverhältnissen verschieden.

Der elektrische Antrieb in der Nahrungsmittel-Industrie[1]).

DK 621.34 : 663/664

Nach dem Statistischen Jahrbuch des Deutschen Reiches vom Jahre 1938 sind in der Nahrungsmittelindustrie 1 711 000 PS (ohne Landwirtschaft) an Elektromotoren installiert. (Die entsprechenden Vergleichszahlen des Bergbaues sind 3205 000 PS, der Industrie für Eisen- u. Stahlgewinnung 3 181 000 PS, der chemischen Industrie 1 172 000 PS.) Der Schwerpunkt der einzelnen Motorenleistungen liegt in der Nahrungsmittelindustrie bei einigen wenigen Kilowatt. Diese Zahlen lassen erkennen, daß in den Hunderttausenden von Einzelbetrieben eine sehr große Zahl von Elektromotoren aufgestellt ist.

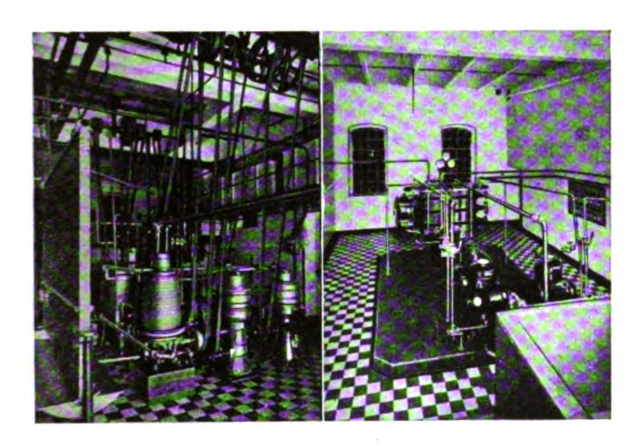


Abb. 1. Molkereibetriebsraum vor (links) und nach (rechts) der Elektrifizierung.

Eine bestimmte Arbeitsmaschine, z. B. ein Fleischwolf, wird in der Nahrungsmittelindustrie unter Umständen in Zehntausenden von Einzelexemplaren verwendet. Es ist deshalb trotz der kleinen Leistung des einzelnen Motors wichtig, daß die Antriebsfrage richtig gelöst wird. Richtiger elektrischer Einzelantrieb bedeutet: Organische Kombination von Arbeitsmaschine und Elektromotor unter Ausnützung der besonderen Eigenschaften des Elektromotors, seiner Anpassungsfähigkeit, seiner Regelbarkeit usw. Um dies zu ermöglichen, müssen der Maschineningenieur, der die Arbeitsmaschine entwickelt, der Elektroingenieur, der den Antrieb entwirft, und der Betriebsmann, in dessen Betrieb die Elektroarbeitsmaschine aufgestellt wird, eng Hand in Hand arbeiten.

Der Elektromotor bietet die Möglichkeit, die Antriebskraft in beliebig kleine Teile zu unterteilen und den Antrieb an beliebiger Stelle aufzustellen. Die Arbeitsmaschinen werden dadurch unabhängig voneinander. Der Unterschied zwischen dem früher allgemein üblichen Transmissionsantrieb und Einzelantrieb geht z. B. aus dem Bild einer Molkerei vor und nach der Elektrifizierung hervor (Abb. 1).

Bei der Auflösung des Antriebes in Einzelantriebe sollte man sich die mechanische Anpassungsfähigkeit des Elektromotors an die Arbeitsmaschine möglichst weitgehend zunutze machen. Die verschiedenen Bauformen des Elektromotors (senkrechte oder waagerechte Welle, Flanschmotor, Einbaumotor usw.) ermöglichen einen zweckmäßigen Zusammenbau von Arbeitsmaschine und Antriebsmotor. Ein Beispiel einer derartigen Kombination ist der Ladenfleischwolf (Abb. 2) mit eingebautem Einphasen-Kondensatormotor und eingebautem Druckknopfschalter.

Abb. 2. Ladenfleischwolf mit eingebautem Einphasen-Kondensatormotor.

Der Elektromotor läßt sich auch in seinem mechanischen und elektrischen Aufbau den besonderen Betriebsbedin-

[1]) H. Bayha, aus einer Vortragsreihe „Der elektrische Antrieb in Industriebetrieben", veranstaltet vom VDI-Berlin zusammen mit dem Außeninstitut der T. H. Berlin unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. F. Oertel VDE. Der Vortrag wurde gehalten am 16. 1. 1939.

Digitized by Google

gungen der Nahrungsmittelindustrie weitgehend anpassen[2]). Viele Betriebe sind außerdem ordentlich feucht: Zuckerfabriken, Brauereien, Margarinefabriken usw. Feuchtigkeitssichere Sonderisolation und geschlossene Motorbauform ermöglichen trotzdem den Zusammenbau von Maschine und Antrieb.

Besondere Anforderungen an den Antrieb stellen verschiedene Betriebe aus Gründen der Sauberkeit. In Molkereien, Fleischereien, Margarinefabriken werden die Arbeitsmaschinen und ihre Antriebe häufig mit Wasser gereinigt. Hier müssen geschlossene Motoren verwendet werden, die dieser Behandlung gewachsen sind. Besonders weit getrieben sind diese hygienischen Forderungen bei Molkereien, deren Elektrifizierung, die in einem sich auf Jahre erstreckenden Programm systematisch durchgeführt wird, nur durch Entwicklung elektrotechnischen Sondermaterials, insbesondere von Sonder-Molkereimotoren, ermöglicht wurde. Diese Molkereimotoren haben meist geschlossene Bauform, glatte, leicht reinigbare Oberfläche, möglichst keine Schmutzecken, um zu vermeiden, daß sich Milchsäurebakterien festsetzen können. Ferner haben sie einen bakterientötenden Anstrich an den Stellen, an denen die Reinigung nicht ohne weiteres möglich ist.

Anpassungsfähig ist der Elektroantrieb auch in seiner Betriebsdrehzahl, insbesondere bei Verwendung von Getriebemotoren, die mit Arbeitswellen beliebiger Drehzahl unmittelbar gekuppelt werden können.

Auch die Anpassungsfähigkeit des Elektromotors in seinem Betriebsverhalten kann in der Nahrungs- und Genußmittelindustrie weitgehend ausgenutzt werden. Diese Industrien brauchen vielfach Regelantriebe. Während man früher in den Betrieben, in denen Regelantriebe benötigt wurden, häufig dem Gleichstrom den Vorzug gab — so wurden beispielsweise die Brauereien früher meist mit Gleichstrom ausgerüstet —, wird man heute, wo irgend möglich, auch in diesen Betrieben Drehstrom verwenden. Je nach den Erfordernissen wird man für die Regelantriebe polumschaltbare Motoren — z. B. bei gewissen Rührwerksantrieben in Brauereien — oder Drehstrom-Kommutatormotoren — z. B. für den Antrieb der Trockentrommeln und der Zumeßschnecken in Trocknungsanlagen für Rübenschnitzel und Rübenblätter — verwenden.

Auch für aussetzend arbeitende Beschleunigungsantriebe, insbesondere für Zentrifugen (in Zuckerfabriken, Stärkefabriken, Molkereien), kann der Elektromotor in Bauweise und Schaltungsart weitgehend angepaßt werden. Insbesondere ist bei den Zuckerzentrifugen, deren Schwungmasse häufig 30 bis 40 mal je Stunde vom Stillstand auf die Höchstdrehzahl beschleunigt und wieder abgebremst werden muß, für die richtige mechanische und elektrische Durchbildung des Antriebes eine enge Zusammenarbeit zwischen Betriebsmann, Maschinenkonstrukteur und Elektroingenieur erforderlich (Abb. 3). Je nach den Betriebsbedingungen verwendet man Kurzschlußläufermotoren, polumschaltbare Motoren, Schleifringläufermotoren mit ein oder mehrstufigem Läuferwiderstand, auch Induktionsmotoren mit eingebauten umlaufenden Widerständen usw. Die Schleudertrommeln werden entweder mechanisch gebremst oder elektrisch durch verschiedene Bremsschaltungen — Gegenstrombremsung oder Nutzbremsung mit teilweiser Rückgewinnung der Schwungenergie —; die Bedienung des Antriebes wird für den Bedienungsmann so einfach wie möglich gestaltet, nicht selten durch Automatisierung des Ablaufes eines Spieles.

Eine wichtige Eigenschaft des elektrischen Antriebes ist seine leichte Bedienbarkeit. Fernsteuerung mit Druckknopfschalter ermöglicht ein müheloses Anlassen und Abstellen der Arbeitsmaschine unter gleichzeitiger Beobachtung des Antriebes zur Vermeidung von Störungen. Von der einfachsten Steuerung einer einzelnen Maschine, die der Bedienungsmann durch einen an der Maschine angeordneten Druckknopf anläßt

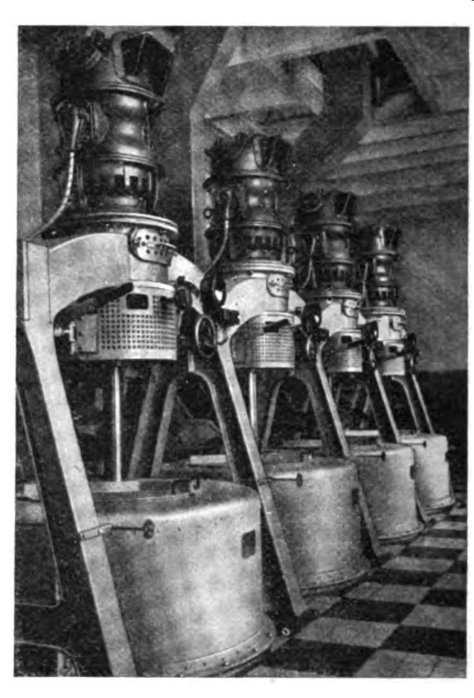


Abb. 3. Hochleistungsschleudern mit elektrischem Einzelantrieb in einer Zuckerfabrik.

und abstellt, über die zentrale Steuerung einer gewissen, von einer Stelle aus zu übersehenden Maschinengruppe, wie sie z. B. in Molkereien durch Molkereisteuertafeln gelöst wird, bis zur zentralen Steuerung, Überwachung und Verriegelung eines großen, über ausgedehnte Bauten verteilten Maschinenparks, wie sie mit Hilfe von Leuchtwarten ermöglicht wird, können alle Fragen bei richtiger Ausnutzung der Möglichkeiten, die in der Fernsteuerung der Elektromotoren liegen, gelöst werden[3]). Die Leuchtwarte ist ein besonders gutes Beispiel dafür, wie durch die Zusammenarbeit aller Stellen eine elektrische Antriebstechnik geschaffen werden kann, durch die auch in unübersichtlichen Betrieben mit einer Vielzahl von Förderkombinationen in der Nahrungsmittelindustrie ein Höchstmaß an Einfachheit der Bedienung und Sicherheit des Betriebes erreicht wird. *Eb.*

[2]) Vgl. H. Bayha, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 71.

[3]) Vgl. H. Bayha, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 73.

Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen.

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel.

DK 621.315.3(083.133)

VDE 0880/VII. 39.

Änderungen des endgültigen Wortlautes gegenüber dem in ETZ 60 (1939) H. 14, S. 422 veröffentlichten Entwurf.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Richtlinien treten am 17. August 1939 in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Richtlinien gelten für solche isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen, die probeweise zugelassen werden können, um neue Werkstoffe und neue Aufbauarten, die auf Grund sorgfältiger Untersuchungen als geeignet angesehen werden, in größerem Umfange zu erproben. Eine Gewähr für die Bewährung der zu erprobenden Leitungen braucht vom Hersteller nicht übernommen zu werden. Nach hinreichender Bewährung können die probeweise zugelassenen isolierten Leitungen in die VDE-Vorschriften aufgenommen werden.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Juli 1939.

§ 6.

Beschaffenheit der Leiter.

§ 6 wird gestrichen, die Benummerung der folgenden Paragraphen wird entsprechend geändert.

Die Überschrift von Abschnitt III wird wie folgt geändert:

III. Bauart und Prüfung.

§ 8 (bisher § 9)

Y G (PR).

Hinter „Aluminium mit Kupfermantel" wird eine Fußnote eingefügt:

„[2]) Bestimmungen über Aluminiumleiter mit Kupfermantel sind in Vorbereitung."

Digitized by Google

Der letzte Absatz erhält folgenden Wortlaut:

„Die Spannungsprüfung wird nach VDE 0285/II. 38, Abschnitt Ia, durchgeführt; ein Probestück, das der Wärmedruckprüfung unterzogen war, muß unmittelbar nach 1-stündigem Liegen unter Wasser von 70° während je einer halben Stunde eine Wechselspannung von 1 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und umgebendem Wasser aushalten, wenn die thermoplastische Hülle 0,6 mm dick ist. Für isolierte Drähte mit einer thermoplastischen Hülle von 0,8 mm Wanddicke aufwärts beträgt die Prüfspannung 2 kV bei 50 Per/s."

Die Überschrift „C. Bauart und Prüfung der kabelähnlichen Fernmeldeleitungen." wird gestrichen.

§ 9 (bisher § 10).

YLPBM (PR).

Im zweiten Absatz wird das Wort „ausgegossene" gestrichen.

Der letzte Satz des vorletzten Absatzes erhält folgende Fassung:

„Für die Dicke des Mantels gilt Tafel I."

Tafel I.

1	2	3
Durchmesser der Leitung unter dem Kunststoffmantel mm	Wanddicke des Kunststoffmantels	
	Nennmaß mm	Kleinstmaß mm
bis 10	1,0	0,75
„ 15	1,2	0,92
„ 20	1,4	1,09
„ 25	1,6	1,26
„ 30	1,8	1,43
„ 35	2,0	1,60
über 35	2,2	1,77

Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien.

VDE-Ausschuß für Fernmeldetechnik.

DK 621.352(083.133)

VDE 0807.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 1. Oktober 1939.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Vorschriften treten am .... in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Vorschriften gelten für alle Zink-Kohle-Elemente mit Braunstein oder Luftsauerstoff als Depolarisator und die daraus hergestellten Batterien. Ausgenommen sind solche mit alkalischem Elektrolyten.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

a) Die Zelle besteht aus Zinkelektrode, Kohleelektrode und Elektrolyt.

b) Das Element ist eine mit einem Behälter versehene, gebrauchsfertige Zelle.

c) Die Batterie besteht aus mehreren Zellen, die zu einer Einheit zusammengeschaltet und zusammengebaut sind.

d) Ruhespannung ist die Spannung des nicht durch einen äußeren Widerstand geschlossenen Stromerzeugers[2]).

e) Arbeitsspannung ist die Spannung eines durch einen äußeren Widerstand geschlossenen Stromerzeugers.

f) Nennspannung ist die Spannung des Stromerzeugers, für die er bemessen und gebaut und mit der er benannt ist.

g) Unter Endspannung im Sinne dieser Vorschriften ist die halbe Nennspannung verstanden.

h) Leistung siehe i).

i) Die Kapazität einer Batterie wird entweder in Amperestunden (Ah) angegeben oder durch die Zahl der Betriebsstunden ausgedrückt.

k) Unter Betriebsstunden ist die Zeitdauer der Entladung bis zum erstmaligen Unterschreiten der Endspannung verstanden.

l) Entladewiderstand bzw. Prüfwiderstand ist der zwischen den Stromabnahmestellen eingeschaltete äußere Widerstand.

m) Aussetzende Entladung ist die Stromentnahme mit Ruhepausen.

III. Allgemeine Herstellungs- und Behandlungsvorschriften

§ 4.

a) Normen.

Für den Aufbau von Stromerzeugern sind die einschlägigen DIN VDE-Normen zu beachten[3]).

b) Aufschriften.

Jeder Stromerzeuger ist mit seinem Kurzzeichen[4]), der Angabe von Woche und Jahr der Herstellung an sichtbarer Stelle zu versehen und muß seinen Hersteller erkennen lassen. Sämtliche Bezeichnungen sind so anzubringen, daß sie sich nicht ohne weiteres entfernen lassen.

Werden Wertangaben über die Betriebsstunden gemacht, so müssen sie den Bestimmungen des § 6 entsprechen.

c) Abdichtung.

Stromerzeuger in Trocken- und Füllausführung müssen so abgeschlossen sein, z. B. durch Vergußmasse, daß das Austreten von Flüssigkeit mit Sicherheit verhütet wird.

d) Behandlung.

Die Stromerzeuger sind kühl und vor Feuchtigkeit geschützt aufzubewahren. Es ist Vorsorge zu treffen, daß Kurz- und Nebenschlüsse ausgeschlossen sind. Werden hierfür besondere Schutzvorrichtungen (z. B. Gewährstreifen) vorgesehen, so müssen sie so angebracht sein, daß die Prüfung der Spannung ohne Verletzen des Gewährstreifens, nicht aber der normale Gebrauch des Stromerzeugers möglich ist.

e) Gebrauchsfähigkeit.

Die Abnehmer haben die Stromerzeuger sofort, spätestens aber innerhalb einer Woche nach Erhalt auf Gebrauchsfähigkeit nach § 6 b) zu prüfen.

IV. Prüfvorschriften.

§ 5.

Spannungsmesser.

Alle Spannungsmessungen sind mit einem Feinspannungsmesser der Klasse 0,5 gemäß VDE 0410 „Regeln für Meßgeräte" durchzuführen. Der Eigenwiderstand der Meßgeräte für Entlademessungen an Anodenbatterien muß mindestens 500 Ω je Volt, bei allen übrigen Spannungsmessern mindestens 100 Ω je Volt betragen.

Für ungefüllte Füllelemente ist ein Feinspannungsmesser von mindestens 1000 Ω Eigenwiderstand und einer Empfindlichkeit von 1 mV je Teilstrich zu verwenden.

---

[1]) Genehmigt durch ....

[2]) Im folgenden sind sowohl galvanische Elemente als auch Batterien „Stromerzeuger" genannt.

[3]) Zur Zeit gelten folgende Normen:
DIN VDE 10 „VDE-Prüfzeichen"
DIN VDE 1210 „Galvanische Elemente und Batterien" (in Vorbereitung).

[4]) Für die Anbringung des Kurzzeichens ist eine Übergangsfrist bis zum .... zugelassen.

Digitized by Google

Tafel I.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kurzzeichen nach DIN VDE 1210	Nennspannung V	Zustandsmessung		Leistungsmessung					
		Arbeitsspannung V	Prüfwiderstand Ω	Entladedauer werktäglich	Entladewiderstand Ω	Entladestromstärke mA	nach der Herstellung Betriebsstunden	nach Lagerzeit von Monaten	nach Lagerzeit Betriebsstunden
A. Elemente.									
1. Trocken-, Füll- und Luftsauerstoffelemente.									
EKT	1,5	1,35	5	4 h	25	—	150 h	6	120 h
EKF	1,5	1,30	5	4 h	25	—	120 h	—	—
EKL	1,5	1,15	5	4 h	25	—	150 h	6	120 h
ELT	1,5	1,4	5	4 h	15	—	350 h	12	300 h
ELF	1,5	1,35	5	4 h	15	—	300 h	—	—
ELL	1,5	1,2	5	4 h	15	—	400 h	12	350 h
EMT	1,5	1,45	5	4 h	10	—	350 h	12	300 h
EML	1,5	1,25	5	4 h	10	—	450 h	12	400 h
ENT	1,5	1,45	5	4 h	5	—	350 h	12	300 h
ENF	1,5	1,40	5	4 h	5	—	300 h	—	—
ENL	1,5	1,25	5	4 h	5	—	550 h	12	500 h
EPT	1,5	1,5	5	4 h	5	—	1000 h	12	900 h
EPL	1,5	1,35	5	4 h	5	—	1250 h	12	1150 h
EQL	1,5	1,35	5	4 h	2,5	—	1250 h	12	1150 h
2. Naßelemente.									
EX	1,5	1,35	5	4 h	10	—	300 h	—	—
EY	1,5	1,4	5	4 h	5	—	300 h	—	—
3. Stabelemente.									
EC	1,5	1,35	5	10 m	5	—	1 h 45 m	2	1 h 20 m
ED	1,5	1,4	5	10 m	5	—	3 h 15 m	4	2 h 30 m
EE	1,5	1,4	5	10 m	5	—	3 h 15 m	4	2 h 30 m
EJ	1,5	1,45	5	30 m	5	—	10 h	6	7 h 30 m
B. Batterien.									
1. Stabbatterien.									
BC 3	3	2,7	10	10 m	10	—	1 h 45 m	2	1 h 20 m
BE 3	3	2,8	10	10 m	10	—	3 h 15 m	4	2 h 30 m
2. Flachbatterien.									
BD 4, 5	4,5	4,2	15	10 m	15	—	3 h 15 m	4	2 h 30 m
BG 3	3	2,8	10	30 m	10	—	5 h	4	4 h
BG 4, 5	4,5	4,2	15	30 m	15	—	5 h	4	4 h
BH 3	3	2,8	10	30 m	10	—	9 h	4	7 h
BH 4, 5	4,5	4,2	15	30 m	15	—	9 h	4	7 h
3. Kastenbatterien.									
BJ 4, 5	4,5	4,35	15	30 m	15	—	10 h	6	7 h 30 m
B 2 J 4, 5	4,5	4,4	15	30 m	15	—	24 h	6	18 h
BPT 3	3	3,0	10	4 h	10	—	1000 h	12	900 h
BPL 3	3	2,7	10	4 h	10	—	1250 h	12	1150 h
4. Gitterbatterien.									
BD 6	6	5,6	20	4 h	—	5	260 h	6	250 h
BD 9	9	8,4	30	4 h	—	5	260 h	6	250 h
BD 12	12	11,2	40	4 h	—	5	260 h	6	250 h
BD 15	15	14	50	4 h	—	5	260 h	6	250 h
BD 30	30	28	100	4 h	—	5	260 h	6	250 h
5. Anodenbatterien.									
(BB 95)	95	85	330	4 h	—	5	100 h	2	75 h
BD 30	30	28	100	4 h	—	5	260 h	6	250 h
BD 60	60	56	200	4 h	—	5	260 h	6	250 h
BD 90	90	84	300	4 h	—	5	260 h	6	250 h
BD 100	100	93	330	4 h	—	5	260 h	6	250 h
BD 120	120	112	400	4 h	—	5	260 h	6	250 h
BF 90	90	86	300	4 h	—	5	475 h	6	450 h
BG 100	100	95	330	4 h	—	15	175 h	6	160 h
BG 120	120	114	400	4 h	—	15	175 h	6	160 h
BJ 45	45	43	150	4 h	—	15	250 h	6	225 h

§ 6.

Elektrische Prüfung.

a) Sämtliche Messungen sind bei einer Raumtemperatur von etwa 20° vorzunehmen.

b) Zur Feststellung des Zustandes der gelieferten Elemente und Batterien wird die Arbeitsspannung während der Belastung mit einem aus der Tafel I zu entnehmenden Prüfwiderstand gemessen. Die Messung erfolgt etwa 2 s nach Einschalten des Stromkreises.

Bei Anodenbatterien wird außerdem die Ruhespannung gemessen. Sie muß mindestens gleich der Nennspannung sein.

Die angegebenen Messungen zur Feststellung des Zustandes gelten bei Füllelementen nur in gefülltem Zustande. Zur Feststellung der Spannungslosigkeit des ungefüllten Füllelementes wird die Ruhespannung mit dem in § 5 angegebenen Spannungsmesser und einer Gesamtbelastung von 1000 Ω durchgeführt. Die mit diesem Meßgerät gemessene Spannung darf in den ersten 3 Monaten nach Herstellung des Füllelementes 10 mV nicht überschreiten.

Diese Prüfung wird an allen zu einer Lieferung gehörenden Stücken durchgeführt.

c) Die Leistung wird wie folgt ermittelt:

1. Aussetzende Entladung über einen gleichbleibenden Widerstand bei allen Stromerzeugern außer Gitter- und Anodenbatterien.
   Die Größe des Entladewiderstandes und die werktägliche Entladedauer sind aus Tafel I zu entnehmen. Die Arbeitsspannungen sind jeweils zu Beginn und am Ende der Einschaltzeiten zu messen.
2. Aussetzende Entladung mit gleichbleibender Stromstärke bei Gitter- und Anodenbatterien. Die Entladestromstärke und die Entladedauer sind aus Tafel I zu entnehmen. Die Arbeitsspannungen sind jeweils zu Beginn und am Ende der Einschaltzeiten zu messen.

Die Prüfung wird an wenigstens 3 wahllos aus einer Lieferung herausgegriffenen Stücken durchgeführt.

Aus den nach 1 bzw. 2 festgestellten Einzelleistungen der Prüflinge wird die Durchschnittsleistung als arithmetisches Mittel errechnet. Diese Durchschnittsleistung in Betriebsstunden darf den in Tafel I angegebenen Wert nicht unterschreiten. Die Leistung des einzelnen Prüflings darf diesen Wert um nicht mehr als 10 % unterschreiten.

Die Entladungen gelten als beendet, wenn die Arbeitsspannung erstmalig die Endspannung unterschreitet.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.311.21

Wasserkraftanlage „B" der Städtischen Betriebswerke Allenstein. [Nach R. v. Zastrow, Siemens-Z. 19 (1939) S. 87; 9 S., 9 Abb.]

Die Städtischen Betriebswerke Allenstein haben im Jahre 1937 an der Alle ein Spitzen-Wasserkraftwerk in Betrieb genommen, das mittels eines 4,35 km langen Durchstiches ein Rohgefälle von 9,1 m ausnützt. Die Alle wird durch einen rd. 10 m über Flußsohle hohen Erddamm mit Dichtungsspundwand aufgestaut und durch einen kurzen Obergraben dem Kraftwerk zugeleitet. Der Untergraben ist etwa 3,9 km lang und durchschneidet mehrere Seen, die zur Vergrößerung der Nutzfallhöhe um 3,5 m abgesenkt wurden und die dem Ausgleich der Spitzenwassermengen dienen. — Die abgeschnittene Allestrecke wird infolge seitlicher Zuflüsse nicht völlig trockengelegt, es findet nur eine in landwirtschaftlicher Hinsicht erwünschte Senkung des Wasserstandes statt. Die Hochwässer fließen künftig im Durchstich ab.

Das Kraftwerk (Abb. 1) enthält zwei Kaplanturbinen von 21,3 und 13,1 m^3/s Schluckvermögen, die bei dem Konstruktionsgefälle von 8,3 m 2010 bzw. 1220 PS bei Drehzahlen von 214 bzw. 300 U/min erzeugen. Die Maschinen sind so

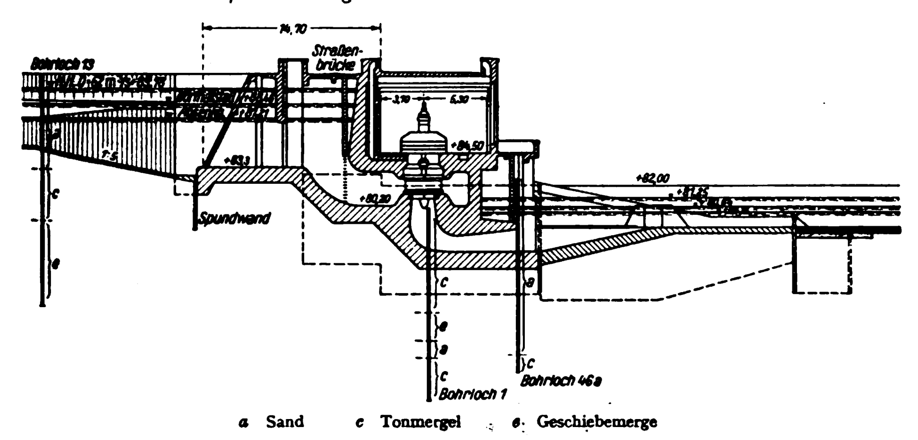


Abb. 1. Querschnitt des Krafthauses.

geregelt, daß sie stets mit günstigstem Wirkungsgrad, d. h. mit kleinstem Wasserverbrauch arbeiten. Die Turbinen sind mit Drehstromgeneratoren starr gekuppelt, die bei $\cos \varphi = 0,8$ 1700 bzw. 1000 kVA, zusammen also 2700 kVA oder 2200 kW leisten. Der erzeugte Strom wird durch zwei Transformatoren von der Maschinenspannung von 5250 V auf 15000 V umgespannt und mittels Freileitung fortgeleitet. — Für das Kraftwerk ist eine Bauweise entwickelt worden, bei der das ganze Bauwerk in dem Raum bis zur Oberwasserhöhe untergebracht ist, so daß über diese keine Bauteile hinausragen. Vorbedingung für diese Bauweise war die Konstruktion von Maschinensätzen geringster Bauhöhe. Die Maschinenteile wurden mittels eines behelfsmäßigen Kranes durch eine Montageöffnung in den Maschinenraum befördert. Für den Zusammenbau war ein Innenkran vorhanden. *J. F.*

DK 621.315.23 : 620.191

Korrosionsschäden an Erdkabeln. [Nach Masch.-Schad. 16 (1939) S. 29; 1 S., 2 Abb.]

Obwohl weder Phenol noch Kohlensäure Blei angreifen, zeigen sich in kohlensäurehaltigem Erdreich Korrosionserscheinungen an Bleimänteln von Erdkabeln mit phenolgetränkter Juteumspinnung. Das Phenol wirkt hierbei als Katalysator und fördert die Bildung von Bleikarbonat aus Blei und Kohlensäure. Dadurch wird einerseits der Bleimantel geschwächt, anderseits eingedrückt, weil das Bleikarbonat ein größeres Volumen besitzt als das Blei und die Eisenarmierung eine Vergrößerung nach außen nicht zuläßt. Auf diese Weise entstehen kraterförmige Vertiefungen, schließlich Risse und Löcher, durch die Wasser ins Kabelinnere eintreten kann. Die Folge sind Kurzschlüsse, wobei das Kabel abbrennt und die korrodierte Stelle meist gleichzeitig zerstört wird. Diese Korrosionen sind daher im Anfangszustand schwer zu finden und ebenso ist eine richtige Beobachtung des Zerstörungsvorganges selten möglich. In einem Falle wurde anläßlich eines Umbaues ein 6 kV-Kabel der oben beschriebenen Bauart freigelegt, an dessen Bleimanteloberfläche man mehrere kraterförmige Korrosionsstellen von gelblichweißer Farbe fand. Die chemische Untersuchung ergab, daß das Korrosionsprodukt vorwiegend aus Bleikarbonat und Bleisulfat bestand. Daraus ergibt sich als Folgerung, daß man in Gegenden mit kohlensäurehaltigem Boden nur Kabel mit phenolfreier Jutetränkung verlegen soll. Kohlensäurehaltiges Erdreich kommt, wie der beobachtete Fall gezeigt hat, auch überall dort vor, wo Abgase aus Schornsteinen durch den Regen in den Boden gelangen können. *Ob.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.34 + 621.314.6.014

Ausgleichströme in Stromrichterantrieben. [Nach W. Hartel, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 8, S. 545; 9 S., 5 Abb.]

Bei Stromrichterantrieben besteht die Möglichkeit, daß die treibende Gleichrichterspannung plötzlich zum Verschwinden gebracht wird, ohne daß der Gleichstromkreis geöffnet wird. Da im Gleichstromkreis neben der treibenden Spannung noch die Gegen-EMK der Maschine und bei Stromänderungen die Drosselspannung wirken, wird das plötzliche Verschwinden der treibenden Spannung Ausgleichströme zur Folge haben, deren Verlauf vom Zustand der Entladungsstrecke des Gleichrichters abhängt. Es werden zwei Fälle untersucht:

1. Die Gleichspannung verschwindet, wenn man den Gleichrichtertransformator auf der Netzseite abschaltet. Vor dem Abschalten hatte der Strom die Richtung von der Anode zur Kathode. Nach dem Abschalten versucht die Gegen-EMK einen entgegengesetzten Strom in der Richtung Kathode zur Anode zu treiben. Die Sperrwirkung der Entladungsstrecken läßt diesen Strom nicht zu. Dieser betriebsmäßige Schaltvorgang ist also ungefährlich.

2. Die Gleichrichterspannung verschwindet als Folge einer Störung, wobei die Entladungsstrecke ihre Sperrwirkung verliert; die Anode wird zur Kathode. Dann treibt die Motor-EMK einen ganz erheblichen Ausgleichstrom in der Richtung von der Kathode zur Anode. Die wichtigste Aufgabe ist die Berechnung des Verlaufes und der Maxima der Ausgleichströme. Wenn man einige Vernachlässigungen in Kauf nimmt, wird man auf die gewöhnliche Schwingungsgleichung geführt. Daß der Ausgleichstrom tatsächlich die Form einer gedämpften Schwingung annehmen kann, erkennt man deutlich aus einem elektrischen Ersatzschaltbild; in der Tat wirken die Schwungmassen des Motors auf den Gleichstromkreis wie ein Kondensator.

Zur Kennzeichnung des Stromverlaufes und der Stromspitzen genügen zwei Werte, das Verhältnis

„Kupferverluste zu Nutzleistung" (ε) und
„Arbeit der Induktivität zur Arbeit der Schwungmassen" (p).

In einer Ebene mit den Koordinaten p und ε läßt sich eine Parabel festlegen. Die Punkte innerhalb der Parabel entsprechen periodischen Vorgängen, die Punkte außerhalb aperiodischen Ausgleichströmen. In derselben Ebene lassen sich Kurven $N = f(p, \varepsilon)$ einzeichnen. N gibt an, um das Wievielfache die auftretenden Stromspitzen den Nennstrom überschreiten. Aus dieser Kurvenschar läßt sich demnach für gegebenes p und ε sofort die Höhe der zu erwartenden Stromspitze ablesen.

Zum Schluß wird der Einfluß der Annahmen und Vernachlässigungen untersucht. Es zeigt sich, daß die derart errechneten Werte bereits eine erhebliche Sicherheit in sich bergen, daß also die wirklich auftretenden Spitzen nicht so groß sein werden, wie die Rechnung ergibt.

Digitized by Google

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.728.001.4

Polaritätseinfluß bei Kugelfunkenstrecken. [Nach F. O. McMillan, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect. S. 56; 6 S., 6 Abb.]

Über die Polaritätsverhältnisse bei Kugelfunkenstrecken hat McMillan in Ergänzung früherer und Auswertung neuerer, anderweiter Versuche zusammenfassende Feststellungen gemacht, die sich für einpolig geerdete Kugelfunkenstrecken verschiedensten Durchmessers sowohl auf Stoßspannungen beider Polaritäten wie auch auf die jeweilige Polarität bei betriebsfrequenter Wechselspannung erstrecken. Dabei konnte in ziemlich weitem Schlagweitenbereich Übereinstimmung der Wechselspannung mit negativer Stoßspannung angenommen werden, vorausgesetzt, daß die Überschlagzeit vom Beginn der Stoßwelle bis zum Überschlag mehr als 1 µs beträgt. Hinsichtlich der Polarität betriebsfrequenter Überschläge an Kugelfunkenstrecken müssen mit zunehmender Schlagweite vier verschiedene Bereiche[1]) unterschieden werden (vgl. Abb. 2):

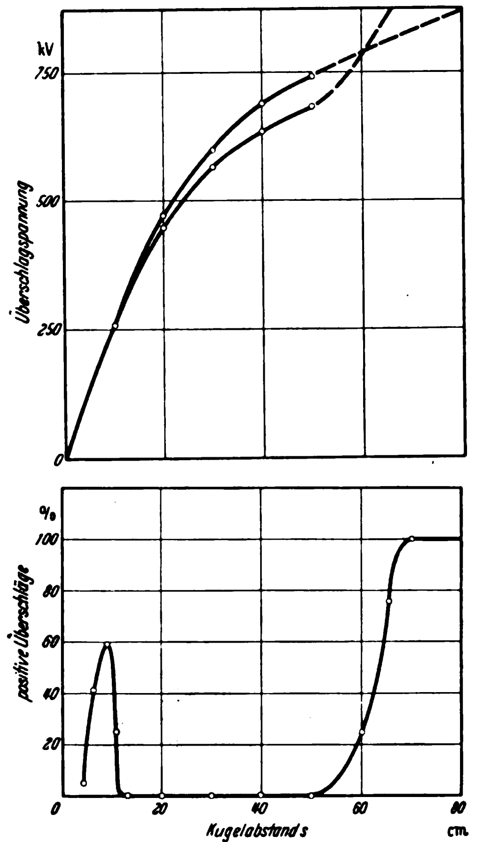


Abb. 2. Verhalten einer geerdeten Kugelfunkenstrecke von 50 cm Dmr.

1. ein Bereich des Überschlages beider Polaritäten,
2. ein Bereich nur negativer Polarität,
3. ein Übergangsgebiet von negativer zu positiver Polarität,
4. ein Bereich nur positiver Polarität.

Das letztere Bereich, wobei der Überschlag nicht mehr der Anfangsspannung entspricht, sondern dem Funken starke Vorentladungen vorausgehen, ähnelt schon dem ganz unsymmetrischen Fall einer Spitze gegenüber geerdeter Kugel oder einer Spitze gegenüber einer Platte. — In dem Bereich 1, wo die Entladungen teils positiv, teils negativ sind, folgt der prozentuale Anteil einem Kurvenverlauf mit einem ausgesprochenen Maximum für die positive Entladung, das in den von McMillan angeführten Beispielen für Kugeln von 6,25 cm bei $\frac{s}{D} = 0{,}38$ und für Kugeln von 50 cm bei $\frac{s}{D} = 0{,}18$ liegt. (Einfluß der Toeplerschen Knickstelle? Der Ber.) Der Übergang von Bereich 1 zu Bereich 2, d. h. der für Meßzwecke wichtige Eintritt des Polaritätseinflusses, erfolgt bei einem Kugelabstand, der sich gemäß der Formel

$$s = 0{,}267\ D + 1{,}50$$

bzw.

$$\frac{s}{D} = 0{,}267 + \frac{1{,}5}{D}$$

ändert. Die Einsatzstelle des Polaritätseffektes liegt also für größere Kugeln bei einem nahezu konstanten Verhältnis von $\frac{s}{D}$ (z. B. für $D = 100$ cm bei $\frac{s}{D} = 0{,}28$, für $D = 25$ cm bei $\frac{s}{D} = 0{,}33$). Bei kleinerem Durchmesser nimmt das entsprechende Verhältnis von $\frac{s}{D}$ erheblich zu. Dagegen erfolgt der Übergang von Bereich 2 zu Bereich 3, in Abhängigkeit vom Kugeldurchmesser aufgetragen, nach einer Kurve für $\frac{s}{D}$, die von $\frac{s}{D} = 1{,}3$ (für kleinste Kugeln) auf $\frac{s}{D} = 0{,}55$ (für größte Kugeln von 200 cm) absinkt. Dieser Verlauf stimmt, wie VerPlanck in der Aussprache hervorhob, jeweils mit der Kurve für den Höchstwert des Verhältnisses der positiven zur negativen Überschlagspannung überein, wenn für dieses Verhältnis der Entwurf der neuen AIEE-Standards vom Dezember 1937[1]) bzw. die daraus von VerPlanck abgeleiteten empirischen Formeln[2]) zugrunde gelegt werden. Weiter kam in der Aussprache der große Einfluß der räumlichen Umgebung der Kugelfunkenstrecke auf die Meßergebnisse von Stoßspannungen zur Sprache, insbesondere auch die bekannte Tatsache, daß man durch Abschirmung der Kugelfunkenstrecke den Polaritätseinfluß fast ganz aufheben oder wenigstens stark hinausschieben kann.

[Der Berichter: Für die neuen VDE- bzw. IEC-Eichkurven von Kugelfunkenstrecken positiver und negativer Stoßspannung[3]) würden sich durch diese neueren Erwägungen kaum Änderungen ergeben, da die dort hinsichtlich des Verhältnisses positiver zu negativer Stoßspannung gemachten Annahmen schon hinreichend den wirklichen Verhältnissen Rechnung tragen dürften.] *W. W.*

[1]) Vgl. auch ETZ 59 (1938) S. 1070, Abb. 8.

DK 621.317.2

Elektrische Prüfämter. — Die Prüfbefugnis des Elektrischen Prüfamts 42 in Chemnitz und des Elektrischen Prüfamts 43 in Bremen ist wie folgt erweitert worden[4]):

Elektrisches Prüfamt 42
Für Gleichstromprüfungen bis 400 A 750 V.

Elektrisches Prüfamt 43
Für Wechsel- und Drehstromprüfungen bis 2000 A 20 000 V.

Der von dem Kraftwerk Thüringen A.-G. in Gispersleben nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[5]), als Elektrisches Prüfamt 63 amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar:
mit Gleichstrom bis 200 A 600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom bis 1000 A 15 000 V.

Der von den Städtischen Werken in Saarbrücken nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[6]), als Elektrisches Prüfamt 64 amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar:
mit Gleichstrom bis 100 A 600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom bis 100 A 500 V.

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachungen[7])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden den Systemen [172], [173], [174] und [80] folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

[1]) Gen. electr. Rev. 40 (1937) S. 141; IEC.-Dok. 8 (Paris) 6; vgl. ETZ 59 (1938) S. 1065.
[2]) Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect. S. 45; ETZ 59 (1938) S. 447
[3]) ETZ 59 (1938) S. 1067 u. 1069; ETZ 60 (1939) S. 102 u. 104.
[4]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1142.
[5]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1268.
[6]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1268.
[7]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 2. Zentralblatt für das Deutsche Reich, Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

Digitized by Google

I. Zusatz zu den Systemen 172 bzw. 173 bzw. 174 bzw. 80, die Formen EFk1SP, EF3k1SP, EFk1tSP, EF3k1tSP bzw. EMeSP bzw. EM4eSP bzw. CRSP, Elektrizitätszähler für ein- bzw. mehrphasigen Wechselstrom bzw. Gleichstrom,

II. Zusatz zu den Systemen 172 bzw. 173 bzw. 174 bzw. 80, die Formen EFk1SPv, EF3k1SPv, EFk1tSPv, EF3k1tSPv bzw. EMeSPv bzw. EM4eSPv bzw. CRSPv, Elektrizitätszähler für ein- bzw. mehrphasigen Wechselstrom bzw. Gleichstrom,

III. Zusatz zu den Systemen 172 bzw. 173 bzw. 174, die Formen EFk1SPz, EF3k1SPz, EFk1tSPz, EF3k1tSPz bzw. EMeSPz bzw. EM4eSPz, Elektrizitätszähler für ein- bzw. mehrphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der Firma Heliowatt-Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 31. Dezember 1938.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung:
Giebe.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden dem System 180 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System 180, die Formen S2J6, S2J6f, S2J6t, S2J6ft; FS2J6, FS2J6f, FS2J6t, FS2J6ft; FS2Z/J6, FS2Z/J6f, FS2Z/J6t und FS2Z/J6ft, Induktions-Münzzähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 30. Januar 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung:
Möller."

Lichttechnik.

DK 621.327.3/.4.062.001.1

Die übliche Wechselstromschaltung für Gasentladungslampen. [Nach H. Strauch, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 8, S. 505; 17½ S., 23 Abb.]

Die Schaltung, die zum Betrieb von Gasentladungslampen z. Z. am häufigsten anzutreffen ist, besitzt zur Stabilisierung der Entladung ein induktives Vorschaltgerät (Drosselspule oder Streufeldtransformator). Die Untersuchung der Betriebseigenschaften der Gasentladungslampen in solchen Schaltungen ist dadurch erschwert, daß die Rohrspannung nicht mehr sinusförmigen Verlauf hat und z. B. durch die auftretenden Stromoberwellen auch die Phasenverschiebung zwischen Grundwelle des Stromes und Netzspannung wesentlich beeinflußt wird. Dies äußert sich auch darin, daß das Vektordiagramm für die Netzspannung und die Grundschwingungen der Rohr- und Drosselspannung nicht mehr auf ein rechtwinkliges Dreieck führt.

Um für jede beliebige Rohrspannungskurve und auch für schwierigere Schaltungen die Betriebsverhältnisse überblicken zu können, wird ein neues Gesetz der Stromüberlagerung aufgestellt, das über die Vierpoltheorie hinausgeht und den physikalischen Besonderheiten bei Gasentladungslampen Rechnung trägt. Das Stromüberlagerungsgesetz ermöglicht eine unmittelbare Berechnung der Stromoberwellen und hat außerdem den Vorteil, daß bei sprunghaften Änderungen der Rohrspannung keine periodischen Ausgleichvorgänge zu berücksichtigen sind.

Dieses Gesetz wird dann auf eine Schaltung angewandt, die in Reihe mit der Gasentladungslampe eine Drosselspule und einen ohmschen Widerstand enthält. Es werden die Verzerrung des Stromes und die Welligkeit des Lichtstromes in ihrer Abhängigkeit von der Größe der Rohrspannung und von dem Verhältnis des ohmschen zum induktiven Widerstand berechnet. Außerdem wird untersucht, wie durch wachsenden ohmschen Widerstand die Stabilisierungsverhältnisse geändert werden.

Solange die Rohrspannung unter einer gewissen Grenze bleibt — die durch die Größe des ohmschen Widerstandes beeinflußt wird —, steht unmittelbar nach dem Erlöschen der Lampe in der einen Phase ein Augenblickswert der Netzspannung in der anderen Phase von einer solchen Größe zur Verfügung, daß sofort wieder ein Strom fließt, der langsam ansteigt und nach Erreichen seines Höchstwertes schnell abfällt. Eine stromlose Pause wird nur dann beobachtet, wenn die Rohrspannung den Grenzwert übersteigt. Will man Unregelmäßigkeiten im Lampenbetrieb vermeiden, so wählt man zweckmäßig die Rohrspannung so, daß die stromlose Pause nicht in Erscheinung treten kann. Weitere Untersuchungen ermitteln das Maximum in der Leistungsaufnahme bei kleinen ohmschen Widerständen sowie den Leistungsfaktor der Anlage, der sowohl durch die Oberwellen der Rohrspannung und des Stromes als auch durch die Phasenverschiebung beeinflußt wird.

Elektrowärme.

DK 621.365.39 : 644.1

Elektrische Speicherheizung mit Trockenspeichern. [Nach G. Roux, Rev. gén. Électr. 44 (1938) S. 623; 4 S., 4 Abb.]

Um billigen Nachtstrom für Raumheizung auszunutzen, wird hier ein neuartiger Wärmespeicher beschrieben, bei dem „magnétite" (Eisenerze mit 80% Eisenoxyd, 10% Silizium, 4% Aluminium, 4% Kalk, 2% Verschiedenes), vom Strom durchflossen, als Wärmeerzeuger und gleichzeitig Wärmespeicher verwendet wird. Bei dem in Abb. 3 gezeigten Versuchsofen

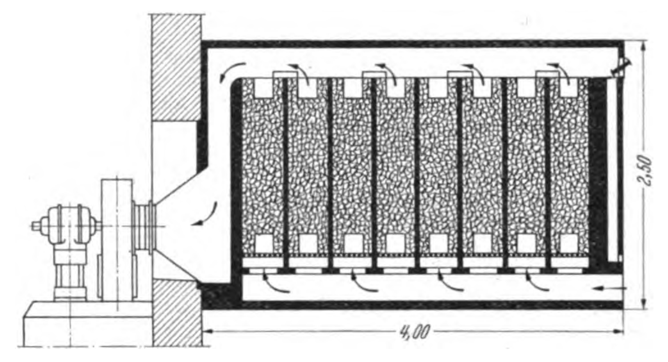


Abb. 3. Schnitt durch einen Speicherofen, der Eisenerz als Speichermittel benutzt.

waren 16 Kanäle mit „magnétite" gefüllt, wobei jeweils die einzelnen Kammern, oben und unten mit nicht oxydierenden Elektroden versehen, in Reihe geschaltet waren, so daß der gesamte Ofen, an Drehstrom von 6000 V angeschlossen, bei einer Leistungsaufnahme von 100 kW ein Speichervermögen von 1 Mill. kcal hat. Bei dem Stromdurchgang durch die lose geschütteten „magnétite"-Körner werden nach 10 bis 12 stündiger Heizdauer in den Körpern 500 bis 600 ° C erreicht. Die Abführung der gespeicherten Wärme geschieht durch einen Lüfter, wobei die Größe der Wärmeentnahme sich nach der Geschwindigkeit des Lüfters richtet. In der recht interessanten Untersuchung werden zunächst die spezifischen Widerstände (Ohm je cm) der verschiedensten verwendbaren Werkstoffe behandelt und schließlich die Abhängigkeit des spezifischen Widerstands von der Körnung und der Temperatur der Werkstoffe in Kurvenform wiedergegeben. Um den starken Widerstandsrückgang mit zunehmender Erwärmung auszugleichen, hat der Ofen eine selbsttätige Regelvorrichtung. Dadurch wird eine gleichmäßige Leistungsaufnahme gesichert. Mit einem Ofen dieser Bauart wurden während des Winters 1937/38 bei 2200 Benutzungsstunden insgesamt 150 000 kWh verbraucht, wobei je Stunde 75 000 kcal oder in 14 Std. 1 050 000 kcal gespeichert wurden. *Mö.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 535.31 : 621.385.832

Die Bildfeldwölbung bei magnetischen Linsen. [Nach H. Becker und A. Wallraff, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 8, S. 491; 14½ S., 9 Abb.]

Die Bildfeldwölbung gehört zu den Seidelschen Bildfehlern dritter Ordnung, die bei gewöhnlichen magnetischen Linsen auftreten. Sie ist von besonderer Bedeutung für die Abbildung achsenferner Bereiche einer elektronenoptischen Anordnung. Im Schrifttum ist bisher nur ihre Erscheinungsform gezeigt worden; zahlenmäßige Angaben über Größe und Verlauf sind nicht bekannt.

Digitized by Google

Die Verfasser liefern nun durch punktweises Abtasten des Bildfeldes von eisenlosen magnetischen Linsen zahlenmäßige Unterlagen für diesen Bildfehler. Dabei wird mit einem Elektronenstrahl von 4 bis 20 ekV, ausgehend von einer Kaltkathode, gearbeitet, der durch eine Kondensorlinse auf die Anodenblende konzentriert wird. Diese bewegt sich mit meßbarem Achsenabstand in einer achsensenkrechten Ebene. Das abbildende Bündel wird durch verschieden große Blenden begrenzt. In Abhängigkeit von der Neigung des abbildenden Bündels (Hauptstrahl) gegen die optische Achse der Prüflinse wird mit einem verschiebbaren Bildschirm die Punktabbildung aufgesucht und durch die Verschiebung gegen den Gaußschen Bildpunkt die Bildfeldwölbung gemessen[1]. Es wird so zum ersten Male experimentell die Struktur des elektronenoptischen Bildfeldes bestimmt. Bei allen magnetischen Linsen lassen sich drei gewölbte Bildschalen, zur Linse hin offen, feststellen, die sagittale, mittlere und tangentiale Bildschale. Die Bildfeldabweichung (Entfernung des wirklichen Bildpunktes auf der Bildschale von der Gaußschen Bildebene) ist beträchtlich; z. B. 28 mm für Hauptstrahlneigung 10° bei Brennweite $f = 85$ mm. Gewöhnliche magnetische Linsen vermögen unter den untersuchten Verhältnissen nur ein Gesichtsfeld von 6° annähernd eben abzubilden. Ausmessung des Bildfeldes nach allen Raumkoordinaten zeigt, daß die Schalen innerhalb eines ziemlich großen Bereichs um die optische Achse konstante Krümmung besitzen, ganz entsprechend zu der Angabe eines Krümmungsradius durch die Bildfehlertheorie. Mit zunehmender Brennweite nimmt die Abweichung ganz erheblich zu, angenähert proportional zur 2. bis 3. Potenz des Brennweitenverhältnisses. Es wird die Bildfehlertheorie für schwache magnetische Linsen[2] auf die gemessenen Werte angewandt und gute Übereinstimmung zum Experiment gefunden. Bei Blendenverlagerung nimmt die Bildwölbung mit zunehmendem Abstand Blende–Linse (Blendenweite) langsam zu, am stärksten für die schwach gekrümmten Schalen. Bei „dicken" Linsen (lange Abbildungsspule) ist die Bildfeldwölbung relativ am kleinsten. Wird die Linse dünner, so nimmt sie zunächst sehr rasch, im Gebiet dünner Linsen aber nur noch langsam zu. Der Blendendurchmesser ist bis zu 8 mm Öffnung ohne Einfluß. Die Arbeit schließt mit der Wiedergabe der gleichzeitig mit der Bildfeldwölbung auf den Auffangflächen auftretenden Zerstreuungsfiguren. Sie werden in interessanter Weise den bekannten Gullstrandschen Figuren für die Lichtoptik gegenübergestellt und zeigen den völlig analogen Strahlenverlauf im licht- und elektronenoptischen astigmatischen Strahlenbündel.

DK 538.23 : 621.3.017.31

Magnetisierungsablauf und Wirbelstromverlust in Eisenblechen. [Nach E. Panczakiewicz, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 8, S. 554; 6½ S., 2 Abb.]

Die theoretisch begründete Formel für den Wirbelstromverlust in Blechen

$$N_w = \left(\frac{\pi^2}{6}\,\lambda\, d^2\, 10^{-14}\right) f^2\, \mathfrak{B}^2 \text{ in W/cm}^3$$

liefert, wenn man mit der gemessenen spez. Leitfähigkeit des Bleches eingeht, einen Wert, der durch das Ergebnis der Verlusttrennung im Epsteingerät um 50 bis 100% überstiegen wird. Die Differenz beider Verlustwerte wird zumeist als ein quadratisch von der Frequenz abhängiger Hystereseverlust (Viskositätseffekt) angesehen; dem widerspricht aber die starke Abhängigkeit der Verlustdifferenz von der Blechdicke. Dagegen liefert die Betrachtung eines Magnetisierungsablaufes in Form von Barkhausenwellen einen Wanderwellenmechanismus, der den theoretischen Wert des Wirbelstromverlustes im ganzen experimentell erfaßbaren Bereich annähernd auf

$$N_w = \left(\frac{\pi^2}{4}\,\lambda\, d^2\, 10^{-14}\right) f^2\, \mathfrak{B}^2$$

erhöht, wie es dem Befund bei nicht zu grobkörnigen Blechsorten entspricht.

DK 621.316.2.015.34.001.24

Untersuchungen von Überspannungsvorgängen in Schaltanlagen beim Auftreffen von Wanderwellen. [Nach W. Koch, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 8, S. 523; 22 S., 20 Abb.]

Die Gesetzmäßigkeit des Spannungsverlaufes von Wanderwellen in Leitungen, die aus Teilen verschiedenen Wellenwiderstandes zusammengesetzt sind, ist bisher nur für die Aufeinanderfolge von zwei Leitungsteilen bekannt. Verfasser stellt sich die Aufgabe, die Gesetzmäßigkeit auch für Leitungen aus beliebig vielen aufeinanderfolgenden Teilen verschiedenen Wellenwiderstandes zu ermitteln, um daraus Berechnungsformeln für den zeitlichen Verlauf der Spannung an einzelnen Punkten eines solchen Leitungsgebildes zu gewinnen. Teilweise ist diese Aufgabe von Bewley[1] auf graphischem Wege gelöst, der in beschränktem Maße eine Berechnung des Spannungsverlaufes gestattet, nicht aber die Gesetzmäßigkeit des Vorganges erkennen läßt. Die Spannung, die eine zunächst als rechteckig angenommene Welle innerhalb einer zusammengesetzten Leitung an einem Punkt auslöst, ändert sich zeitlich sprunghaft, wobei die Zeitpunkte dieser Änderung von der Anzahl der hintereinandergeschalteten Leitungsteile und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle in den einzelnen Leitungsteilen abhängen. Dabei setzen sich die einzelnen Spannungssprünge aus einer mit der Zeit immer größer werdenden Anzahl gleichzeitig in dem betrachteten Anlagepunkt eintreffender Teilspannungen zusammen. Verfasser zeigt, wie man unter Benutzung der Regeln der Kombinatorik Formeln für die Spannungssprünge aufstellen kann, die die Gesamtwirkung der Teilspannungen im betrachteten Zeitpunkt erfassen. Die Gesetzmäßigkeit ist charakterisiert durch hypergeometrische Reihen, die hier insonderheit als Jakobische Polynome auftreten. Zur leichteren zahlenmäßigen Berechnung sind Kurvendarstellungen zusammenfaßbarer Faktorengruppen gegeben, ein durchgerechnetes Beispiel zeigt den Verlauf der Spannung an einem aus mehreren Teilen verschiedenen Wellenwiderstandes zusammengesetzten Leitungsgebilde.

[1] Die Versuchseinrichtung wurde auch zur Bestimmung der sphärischen Aberration magnetischer Linsen benutzt, vgl. H. Becker u. A. Wallraff, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 664.

[2] J. Gratsiatos, Z. Phys. 107 (1937) S. 382.

Chemie.

DK 621.357.2

Elektrolyse von Natriumsulfat. [Nach G. Grube und St. Stainoff, Z. Elektrochem. 44 (1938) S. 640; 9 S., 10 Abb.]

Natronlauge wird elektrolytisch bekanntlich aus Chlornatriumlösung hergestellt, wobei anodisch das wertvolle Chlor gewonnen wird. Grube und Stainoff haben nun untersucht, wie sich die Ausbeute für Natriumsulfat als Elektrolyt gestaltet. Sie bauten zunächst eine Zelle, welche durch zwei poröse Wände in drei senkrechte Kammern geteilt wurde. Der Elektrolyt trat in die mittlere Kammer ein und drang durch das eine Diaphragma aus porösem Porzellan (F 28b der Berliner Manufaktur) in den Anodenraum, auf der anderen Seite durch ein Diaphragma aus Degussa-Sintertonerde in den Kathodenraum. Aus diesem trat dann die Natronlauge, aus jenem freie Schwefelsäure aus. Aber die Klemmenspannung war wegen des hohen Widerstandes der Zwischenwände viel zu hoch. Eine zweite Anordnung war der Siemens-Billiterzelle nachgebildet: der aus Tonerdeschmelzzement aufgebaute und mit Asphaltlack ausgestrichene Trog war durch ein waagerechtes Asbesttuch (mit Asbestfasern und Schwerspatpulver bedeckt) in den unteren Kathodenraum und einen oberen Raum getrennt. In den oberen Raum waren drei poröse Rohre waagerecht eingeführt, in denen sich die Anoden (sie bestanden ebenso wie die Kathode aus Platiniridiumdrahtnetz) befanden; der Elektrolyt tropfte wie bei Billiter durch das Diaphragma zur darunterliegenden Kathode und reicherte sich hier mit Natronlauge an. Aber an dieser Stelle kristallisierte festes Natriumsulfat aus und es mußte schließlich das Quecksilberverfahren der Chloralkali-Elektrolyse zum Vorbild genommen werden, bei welchem die Kathode aus Quecksilber besteht, das dann mit Natriumamalgam beladen in einem anderen Raume mit Wasser zu Natronlauge umgesetzt wird. Es wurden mit 4,1 kWh 1 kg etwa 30% sulfathaltige Schwefelsäure und 0,83 kg Ätznatron als 2% Lauge erhalten. Die Badspannung betrug bei 55° 6 V. *K. A.*

[1] Bewley, Traveling Waves on Transmission Systems, S. 58 u. f. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1933.

AUS LETZTER ZEIT.

Indien erhält das erste Fernsprech-Fernkabel. — In Indien wickelte sich der Fernsprechverkehr über große Entfernungen bisher ausschließlich über Freileitungen ab. Vor einiger Zeit entschloß man sich jedoch, auf einer durch die Angriffe wilder Elefanten und durch Baumstürze besonders gefährdeten Strecke im Travancore-Staat (Süd-Indien) ein Fernsprech-Fernkabel zu verlegen. Dieses 544 km lange zweipaarige Pupinkabel in Sternviererverseilung wurde jetzt vom Siemens-Kabelwerk geliefert und wird die in 2000 m Höhe gelegenen Plantagen des Dekhan-Gebirges durch den Dschungel hindurch mit den Seehäfen der Westküste verbinden. *fi.*

Digitized by Google

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke[1]**.**

DK 621.311.1.003

Nr. 66. Landeselektrizität G. m. b. H., Halle (Saale). Die nutzbare Stromabgabe betrug 148,9 (142,2) Mill kWh und erfuhr eine Steigerung von 4,7 %. Versorgt wurden 1697 Ortschaften in direkter Verteilung bis zum Stromabnehmer und 133 Ortschaften als Unterverteiler. Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder beträgt 1917. — In der Bilanz sind die noch nicht angeforderten Einlagen zum Stammkapital mit 843750 RM als ausstehende Forderungen unter Umlaufvermögen aufgeführt.

Nr. 67. Landkraftwerke Leipzig AG. in Kulkwitz. Die nutzbare Stromabgabe von 170,7 (147,3) Mill kWh erfuhr eine Steigerung von rd. 16 %. Der Mehrbedarf konnte nur zu einem geringen Teil aus den eigenen Erzeugungsanlagen gedeckt werden und die zusätzlichen Strommengen wurden von benachbarten Großkraftwerken auf dem Weg vorhandener Kuppelungsanlagen übernommen. Der Ausbau der eigenen Anlagen ist soweit fortgeschritten, daß der auftretende Strombedarf annähernd selbst gedeckt werden kann. Die Zahl der Stromabnehmer erhöhte sich von 32742 auf 33145. Die Beteiligungen haben insofern eine Änderung erfahren, als die Leipziger Braunkohlenwerke AG., deren alleinige Gesellschafter die Landkraftwerke waren, im Wege der Umwandlung und Auflösung ihr gesamtes Vermögen auf Grund der Umwandlungsbilanz vom 30. 11. 1937 auf die Landkraftwerke Leipzig AG. übertragen wurden; in der Bilanz derselben ist vorläufig das Konto Sondervermögen Leipziger Braunkohlenwerke AG. eingerichtet worden. Die Gefolgschaft erhöhte sich um 35 Mitglieder auf 583, wozu die 408 Mitglieder der übernommenen Gesellschaft treten, so daß die Gesamtgefolgschaft mithin 991 Mitglieder umfaßt.

Nr. 68. Stadtwerke Leipzig, Elektrizitätswerk Leipzig. Das Geschäftsjahr umfaßt nur 9 Monate, vom April bis Dezember, während welcher Zeit die nutzbare Stromabgabe 129,9 Mill kWh betrug; im Geschäftsbericht werden zum Vergleich die entsprechenden Zahlen der letzten Kalenderjahre gegenübergestellt. Im Kalenderjahr 1937 betrug die Stromabgabe 176,9 (162,4) Mill kWh und die Steigerung 8,90 %. Der Reingewinn wird unmittelbar der Stadt-Hauptkasse zugeführt und erscheint nicht mehr in der Vermögensaufstellung, sondern nur in der Ertragsrechnung. — Außer der Gleichstellung des Geschäftsjahres mit dem Kalenderjahr sind wichtige Punkte bei der Bilanz zu bemerken. Zunächst sind am 1. 4. 1937 die Anlagen der Werke neu bewertet und in Verbindung damit zweckmäßiger gegliedert worden, ferner wird für sämtliche Betriebe eine Gemeinschafts-Bilanz und für die einzelnen Betriebe nur eine Anlageübersicht mit beigefügtem Bericht herausgegeben. Ein Vergleich mit den Ziffern der Berichtszahlen früherer Jahre ist daher schwierig. In dem mit 178,4 Mill RM ausgewiesenen Anlage-Vermögen sind 0,9 Mill RM gemeinsame Anlagen u. 85,4 Mill RM Elektr. Anlagen enthalten und unter den Wertberichtigungen von 111,1 Mill RM werden 0,6 Mill RM für gemeinsame Anlagen u. 54,6 Mill RM für Elektr. Anlagen genannt. Der Brutto-Ertrag des Elektrizitätswerkes beträgt 17,2 Mill RM, der der gesamten Stadtwerke 31,9 Mill RM. — Die Gefolgschaft des EW setzte sich zusammen aus 62 Beamten, 93 Angestellten und 563 Arbeitern und Lehrlingen, gegenüber 67 Beamten, 86 Angestellten, 517 Arbeitern und 32 Lehrlingen im Vorjahre.

Nr. 69. Kraftwerk Rheinau Aktiengesellschaft, Mannheim. Die nutzbare Stromabgabe betrug 57,6 (48,2) Mill kWh und erfuhr eine Steigerung von rd. 20 %. Die beiden Aktionäre der AG. — Stadt Mannheim und Badenwerk AG. — haben zufolge des seit 1913 bestehenden Vertrages mit dem Badischen Staat vereinbart, daß mit dem 31. 3. 1938 die Stromverteilungsanlagen der AG. soweit sie nicht im Gemarkungsgebiet der Stadt Mannheim liegen, durch Kauf in den Besitz des Badenwerks übergehen. Wegen des dadurch stark verkleinerten Geschäftsumfanges der AG. ist deren Wiedervereinigung mit der Oberrheinischen Eisenbahn AG., Mannheim vorgenommen worden in der Weise, daß die beiden oben genannten Aktionäre ihre aktienmäßige Beteiligungen an die Oberrheinische Eisenbahn AG. übertragen haben, die dadurch Alleinaktionärin geworden ist. Die Gefolgschaft beziffert sich auf 163 Mitglieder.

Nr. 70. Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern AG., Waldshut a. Rh. Die Stromerzeugung betrug 530,9 (539,5) Mill kWh. Wie im Vorjahr wies der Rhein im allgemeinen günstige Wasserverhältnisse auf. Von der 5½ %-Schweizerfranken Anleihe von 1930 wurde die dritte Tilgungsrate in Höhe von 871000 sfrs = 711084 RM eingelöst, so daß die Anleihe noch mit 37523000 sfrs = 30633777 RM zu Buch steht.

Nr. 71. Thüringenwerk Aktiengesellschaft, Weimar. Die nutzbare Stromabgabe betrug 237,7 (197,8) Mill kWh und erfuhr eine Steigerung von rd. 20 %. Mit der Thüringer El. Lief. Ges. AG., der Überlandwerk Oberfranken AG. und der Franz Ittingwerke KG. wurden Erweiterungen der vorhandenen Stromlieferungsverträge geschlossen. Gegen Ende des Jahres wurde mit dem Bau der Nord-Süd-Verbindung zwischen den Netzen der AG. Sächsische Werke, der Bayernwerk AG. und des Thüringenwerks begonnen. Die Erhöhung des Akt.-Kapitals um 7,2 Mill RM auf 22,2 Mill RM wurde von den drei Großaktionären des Thüringenwerks durch Einbringung von Sacheinlagen (Beteiligungen und Gebäude) durchgeführt. Infolgedessen haben die Beteiligungen der AG.durch die Einbringung von Vorz.-Aktien der AG. Obere Saale, und der Großkraftwerk Erfurt AG. eine Steigerung erfahren. Die Verbindlichkeiten aus Darlehen haben sich von 2154063 RM durch planmäßige und außerplanmäßige Rückzahlung auf 1585283 RM vermindert.

Nr. 72. Energie Aktiengesellschaft Leipzig, Markkleeberg. Die nutzbare Stromabgabe betrug 106498 (89074) Mill kWh und erfuhr eine Steigerung um 19,6 %. Die Beteiligungen bisher als Forderungen ausgewiesen, sind vom Umlaufvermögen gesondert und haben eine kleine Erhöhung erfahren. Zu den Verbindlichkeiten bemerkt der Bericht, daß die weitere planmäßige Tilgung von 38800 $ die Dollaranleihe auf 415500 $ ermäßigt hat. Nach Abzug des Bondsbestandes von nom. 322500 $ befinden sich nur noch nom. 93000 $ = 6½ % Bonds im Umlaufe. Die Gefolgschaft zählt 780 (745) Arbeitskameraden. Über den Vertrieb der beiden Energiearten, Strom und Gas, wird eine gemeinsame Ertragsrechnung und Bilanz aufgestellt, aus welcher nicht hervorgeht oder vermerkt ist, wie jede der beiden Arten am Erträgnis beteiligt ist.

Nr. 73. Städtische Elektrizitätswerke, München. Nutzbar abgegeben wurden 272409 (228768) Mill kWh und eine Steigerung um 19,1 % erzielt. Bei der Darstellung der Vermögensrechnung wurde die bisherige Form aus Zweckmäßigkeitsgründen verlassen, so daß eine Vergleichsbarkeit mit den Berichten der Vorjahre nicht ohne weiteres gegeben ist. Der festgelegte Besitz und das Umlaufsvermögen wurden in die einzelnen Bestandteile aufgelöst und um die bisherige Wertberichtigung gekürzt. Um einen Vergleich mit dem Beginn des Berichtsjahres zu ermöglichen, wurde der Abschluß des Vorjahres, nach den gleichen Gesichtspunkten aufgestellt dem Jahresbericht beigefügt und in unserer Liste verwendet. Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder stieg von 1416 auf 1493.

Nr. 74. Bayernwerk Aktiengesellschaft, München. Die Strombewirtschaftung und die Verwaltung des Bayernwerkes und seiner beiden Schwestergesellschaften — Mittlere Isar AG. und Walchenseewerk AG. (vgl. Nr. 75 und 76 der Liste) findet gemeinsam statt. Auf Grund eines Vertragsabkommens erhalten diese beiden Gesellschaften für den gelieferten Strom die festgesetzten Vergütungen. Die nutzbare Stromabgabe betrug für Drehstrom 981 (817) Mill kWh, für Einphasenstrom an die Deutsche Reichsbahn 328 (302) Mill kWh, zusammen 1305 (1119) Mill kWh; Steigerung 186 Mill kWh oder rd. 17 %. Um dem steigenden Strombedarf auch weiterhin gerecht werden zu können und die Verbundwirtschaft zwischen den bayerischen Wasserkräften und den Dampfkraftwerken Mitteldeutschlands noch leistungsfähiger zu gestalten und damit auch den Ausbau weiterer Wasserkräfte zu fördern, hat das Bayernwerk mit der AG. Sächsische Werke den Zusammenschluß der beiderseitigen 110 kV-Netze durch einen langjährigen Stromlieferungs- und -austauschvertrag vereinbart. Zur Aufnahme des Stromes aus den neuen 7 Kraftwerken der Rhein - Main - Donau AG. zwischen

[1] Letzter Bericht: ETZ 60 (1939) H. 15, S. 459.

Digitized by Google

Vermögensaufstellung und Ertragsrechnung.

Die Zahlen des letzten Geschäftsjahres sind in stärkeren, stehenden Ziffern, die der früheren Jahre in schwächeren, schrägen Ziffern gedruckt. Die Werte sind in 1000 RM angegeben.

Lfd. Nr.	Namen Wohnsitz	Letzte Veröffentlichung in der ETZ	Letztes Betriebsjahr	Aktiva: Anlagevermögen	Aktiva: Beteiligungen	Aktiva: Umlaufsvermögen	Vermögensaufstellung Summe	Passiva: Aktien- oder Grundkapital	Passiva: Reserven u. Rücklagen	Passiva: Wertberichtigungen	Passiva: Verbindlichkeiten	Passiva: Reingewinn	Ausgaben: Betriebs- und Geschäftsunkosten	Ausgaben: Abschreibungen u. Rücklagen	Ausgaben: Zinsen	Ausgaben: Steuern und soziale Abgaben	Ausgaben: Reingewinn	Ertragsrechnung Summe	Erträgnisse: aus Betrieb	Erträgnisse: sonstige	Verteilte Dividende %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
66	Landeselektrizität GmbH., Halle (Saale)	1938 S.730, Nr.64	1. 7. 37—30. 6. 38	**65 620** *61 586*	**1 950** *1 950*	**11 107** *12 247*	**78 677** *75 783*	**7 500** *7 500*	**7 237** *6 490*	**46 249** *41 083*	**17 187** *17 039*	**504** *671*	**14 074** *13 484*	**3 091** *3 176*	**847** *926*	**2 825** *2 827*	**504** *671*	**21 341** *21 084*	**18 373** *18 766*	**2 968** *2 318*	**6** *6*
67	Landkraftwerke Leipzig AG., Kulkwitz	1938 S. 730, Nr.48	1. 7. 37—30. 6. 38	**30 884** *27 991*	**1 115** *4 192*	**15 078** *6 511*	**47 077** *38 694*	**16 000** *16 000*	**770** *1 332*	**14 764** *13 518*	**14 578** *6 796*	**965** *1 028*	**2 595** *2 269*	**1 593** *1 500*	**0** *0*	**1 282** *1 213*	**965** *1 028*	**6 435** *6 010*	**5 969** *5 663*	**486** *347*	**6** *6*
68	Stadtwerke Leipzig, Eltwerk Leipzig	1938 S.730, Nr.63	1. 4. 37—1. 12. 37	**178 397** *99 153*	**152** *142*	**12 249** *10 105*	**190 799** *109 400*	**58 168** *48 989*	**5 250** *2 417*	**111 051** *51 970*	**16 330** *9 024*	**0** *0*	**42 421** *18 606*	**3 966** *1 429*	**530** *393*	**2 796** *695*	**717** *4 163*	**50 430** *25 286*	**31 963** *22 423*	**18 467** *2 863*	— —
69	Kraftwerk Rheinau AG., Mannheim	—	1. 4. 37—31. 3. 38	**3 605**	**0**	**4 096**	**7 701**	**3 200**	**2 413**	**1 750**	**328**	**0**	**1 694**	**326**	**0**	**757**	**0**	**2 777**	**2 475**	**302**	**0**
70	Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern AG., Waldshut a. Rh.	1938 S.730, Nr.60	1. 7. 37—30. 6. 38	**51 936** *51 924*	**0** *0*	**4 535** *4 933*	**56 471** *56 857*	**16 000** *16 000*	**467** *770*	**4 067** *3 134*	**35 130** *36 060*	**807** *886*	**197** *430*	**1 120** *1 045*	**1 356** *1 416*	**1 438** *1 344*	**807** *886*	**4 918** *5 121*	**4 841** *5 056*	**77** *65*	**5** *5*
71	Thüringenwerk AG., Weimar	1937 S.1377 Nr.16	1. 1.—31. 12. 37	**16 262** *15 984*	**10 989** *3 580*	**3 894** *3 014*	**31 145** *22 578*	**22 200** *15 000*	**927** *545*	**4 606** *3 774*	**2 529** *2 614*	**883** *645*	**392** *655*	**1 012** *804*	**18** *50*	**609** *317*	**883** *645*	**2 914** *2 471*	**2 666** *2 245*	**248** *226*	**4** *4*
72	Energie AG. Leipzig, Markkleeberg	1938 S.730, Nr.50	1. 7. 37—30. 6. 38	**6 532** *6 326*	**2 773** *0*	**8 103** *10 824*	**17 408** *17 150*	**7 000** *7 000*	**3 285** *1 690*	**1 616** *5 230*	**5 009** *2 794*	**498** *436*	**11 080** *9 963*	**1 084** *1 142*	**0** *0*	**1 602** *1 208*	**498** *436*	**14 264** *12 749*	**12 250** *11 996*	**2 014** *753*	**7** *6*
73	Städt. Elektrizitätswerke, München	1938 S.128, Nr.41	1. 4. 37—31. 3. 38	**90 986** *96 131*	**28** *28*	**16 555** *15 888*	**107 569** *112 039*	**47 806** *46 453*	**786** *3 161*	**0** *0*	**58 977** *62 425*	— —	**8 595** *8 003*	**9 395** *7 269*	**1 929** *3 332*	**6 710** *6 719*	**7 436** *4 289*	**34 065** *29 612*	**28 204** *24 680*	**5 861** *4 932*	— —
74	Bayernwerk AG., München	1938 S.1102 Nr.18	1.10.37—30. 9. 38	**79 525** *77 966*	**15 186** *15 874*	**16 784** *12 469*	**111 495** *105 309*	**18 000** *18 000*	**3 895** *4 676*	**28 157** *20 257*	**60 599** *61 677*	**844** *699*	**19 336** *10 688*	**5 966** *4 133*	**2 018** *2 118*	**1 753** *784*	**844** *699*	**29 917** *24 422*	**28 507** *23 202*	**1 410** *1 220*	**4** *3½*
75	Mittlere Isar AG., München	1938 S.1102 Nr.19	1.10.37—30. 9. 38	**89 602** *91 063*	**0** *0*	**5 155** *1 867*	**94 757** *92 930*	**27 000** *27 000*	**3 402** *4 105*	**19 141** *16 003*	**43 939** *44 764*	**1 275** *1 058*	**166** *109*	**2 347** *2 095*	**436** *600*	**1 264** *874*	**1 275** *1 058*	**5 488** *4 736*	**4 937** *4 498*	**551** *242*	**4** *3½*
76	Walchenseewerk AG., München	1938 S.1102 Nr.20	1.10.37—30. 9. 38	**23 387** *23 862*	**0** *0*	**5 388** *4 674*	**28 775** *28 536*	**5 000** *5 000*	**1 971** *1 631*	**9 026** *8 774*	**12 532** *12 935*	**246** *196*	**48** *31*	**669** *945*	**33** *75*	**263** *197*	**246** *196*	**1 259** *1 444*	**1 146** *1 340*	**113** *104*	**4** *3½*
77	ASW. AG. Sächsische Werke, Dresden	1938 S.128, Nr.30	1. 1.—31. 12. 37	**432 420** *421 861*	**59 119** *51 700*	**92 838** *64 940*	**584 377** *538 501*	**100 000** *100 000*	**34 079** *34 784*	**263 558** *247 823*	**180 539** *147 684*	**6 201** *8 210*	**18 086** *25 983*	**23 855** *27 899*	**3 619** *3 702*	**14 197** *9 864*	**6 201** *8 210*	**65 957** *75 658*	**54 406** *62 633*	**11 552** *3 025*	**6** *6*
78	Elektrizitätswerke der Hansestadt Köln, Köln a. Rh.	1938 S.730, Nr.56	1. 4. 37—31. 3. 38	**63 958** *58 282*	**2 062** *1 478*	**5 920** *5 411*	**71 940** *65 171*	**31 225** *26 615*	**990** *56*	**25 934** *22 986*	**13 791** *15 514*	— —	**16 387** *13 135*	**4 263** *2 310*	**477** *381*	**6 142** *5 680*	**3 719** *8 385*	**30 988** *29 891*	**28 827** *28 827*	**2 161** *1 064*	— —
79	Steiermärkische Elektrizitäts-Ges., Graz	—	1. 1.—31. 12. 37	**15 425** *15 132*	**0** *0*	**2 292** *2 341*	**17 717** *17 473*	**6 667** *4 000*	**985** *245*	**2 757** *1 823*	**6 840** *9 973*	**468** *1 432*	**765** *678*	**736** *985*	**422** *799*	**8** *5*	**468** *1 432*	**2 399** *3 899*	**2 304** *3 222*	**95** *1 751*	**6** *4*
80	ÖKA. Österreichische Kraftwerke AG., Linz a. d. D.	—	1. 1.—31. 12. 37	**75 201** *73 701*	**64** *64*	**2 939** *1 958*	**78 204** *75 723*	**26 667** *26 667*	**5 058** *5 043*	**25 572** *22 990*	**19 508** *19 704*	**1 399** *1 319*	— —	**2 740** *3 811*	**886** *1 197*	— —	**1 399** *1 319*	**5 025** *6 327*	**4 865** *4 884*	**160** *1 443*	**4** *4*
81	EWI. Elektrizitätswerk Innsbruck, Innsbruck	—	1. 1.—31. 12. 37	**17 234** *16 819*	**0** *0*	**1 038** *1 065*	**18 272** *17 884*	**5 773** *5 773*	**457** *441*	**9 958** *9 163*	**1 979** *2 406*	**105** *101*	**2 792** *2 607*	**887** *861*	**97** *93*	— —	**105** *101*	**3 881** *3 662*	**3 591** *3 242*	**290** *422*	— —
82	Vorarlberger Kraftwerke AG., Bregenz	—	1. 4. 36—31. 3. 37	**16 173** *15 794*	**1 304** *1 120*	**979** *965*	**18 456** *17 879*	**4 667** *4 667*	**1 379** *918*	**5 055** *4 623*	**3 969** *7 300*	**386** *371*	— —	**783** *625*	**385** *458*	**305** *305*	**386** *371*	**1 859** *1 759*	**1 792** *1 691*	**65** *68*	**7** *7*
83	Städt. Elektrizitätswerke, Wien	—	1. 1.—31. 12. 37	**68 512** *73 280*	**0** *0*	**94 015** *92 557*	**162 527** *165 837*	**72 979** *72 427*	**16 562** *14 127*	**8 850** *14 958*	**57 405** *57 628*	**6 731** *6 701*	**42 296** *43 303*	**13 296** *13 608*	**3 427** *2 454*	**4 436** *3 357*	**6 731** *6 701*	**70 186** *69 423*	**68 730** *67 859*	**1 456** *1 564*	— —
84	Technische Werke der Stadt Stuttgart, Stuttgart	1938 S.1335 Nr.42	1. 4. 36—31. 3. 37	**79 520** *42 385*	**3 302** *0*	**10 245** *3 955*	**93 166** *46 340*	**40 648** *13 223*	**480** *580*	**5 025** *113*	**46 552** *32 484*	**461** *---*	**27 876** *12 366*	**7 694** *3 816*	**2 548** *1 553*	**5 635** *3 288*	**461** —	**44 214** *21 023*	**22 162** *21 006*	**20 054** *17*	— —

Digitized by Google

Aschaffenburg und Würzburg ist die rechtzeitige Fertigstellung der Verbindungsleitungen gesichert. Im laufenden Geschäftsjahr waren wieder große außervertragliche Stromlieferungen durchzuführen. — Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder (einschließlich Mittlere Isar AG. und Walchenseewerk AG.) stieg von 685 auf 721 Köpfe. Die Aufwärtsbewegung des Stromabsatzes machte wiederum Erweiterungen und Neubauten notwendig, die auf der Vermögensseite der Bilanz mit einer Mehrung von rd. 4,7 Mill RM in Erscheinung treten. Die Beteiligungen erhöhten sich um rd. 149 000 RM durch Zukauf von Aktien eines befreundeten Unternehmens und verminderten sich um rd. 837 000 RM durch Teilwertberichtigungen. Beim Umlaufvermögen ist die Zunahme bei Forderungen an Konzerngesellschaften auf die Ausleihung an eine Tochtergesellschaft zu erwähnen, welche damit Bankschulden abgedeckt hat; dagegen weist das Konto „Andere Bankguthaben" eine Erhöhung um rd. 3,77 Mill RM auf. Außer den in der Bilanz vorgetragenen Verbindlichkeiten besteht ein aus dem Gewinn rückzahlbares Darlehen des Landes Bayern in Höhe von noch 1 055 544 RM, worauf eine Rückzahlung von 36 000 RM geleistet wurde. Die Dividende wurde von 3½% auf 4% erhöht.

Nr. 75. **Mittlere Isar Aktiengesellschaft, München.** Die AG. ist eine Schwestergesellschaft des Bayernwerks (vgl. Nr. 74). Die Wasserverhältnisse waren im Berichtsjahre außerordentlich günstig; im Winterhalbjahr lag die Wasserdarbietung um 21%, im Sommerhalbjahr um 8% über den Durchschnittswerten der Jahresreihe 1924/25 bis 1937/38. Die dargebotenen Energiemengen konnten fast restlos ausgenützt werden. Die Einphasen- und Drehstromerzeugung erreicht den seit Betriebsbeginn bisher höchsten Wert von rd. 481 (478) Mill kWh). Die Dividende wurde von 3½% auf 4% erhöht.

Nr. 76. **Walchenseewerk Aktiengesellschaft München.** Die AG. ist eine Schwestergesellschaft des Bayernwerks (vgl. Nr. 74). Auch hier waren die Wasserverhältnisse noch günstiger als im Vorjahr; im Winterhalbjahr lag die Wasserdarbietung um 21%, im Sommerhalbjahr um 14% über den Mittelwerten der Jahresreihe 1924/25 bis 1937/38. Die dargebotene Energie konnte fast restlos verwertet werden. Es wurden erzeugt an Drehstrom und Einphasenstrom rd. 223 (212) Mill kWh und damit die bisherige Höchstziffer erreicht. Die Dividende wurde von 3½% auf 4% erhöht.

Nr. 77. **ASW. AG. Sächsische Werke, Dresden.** Stromerzeugung der Kraftwerke und Bezug 1775,7 (1511,3) Mill kWh (Steigerung 17,5%); nutzbare Stromabgabe 1396,1 (1158,1) Mill kWh. Der Stromverkauf erfuhr somit eine Steigerung um 238 Mill kWh bzw. 20,5%; in der Hauptsache ist die Erhöhung auf die Mehrabnahme der Industrie zurückzuführen. Die Beschäftigungslage und die durch den Förderbrückeneinsturz eingetretenen Verhältnisse führten zu weiterer Erhöhung der Zahl der Gesamtgefolgschaft. Dieselbe zählte am Ende des Berichtsjahrs 6839 (6354) Arbeitskameraden. Von diesen konnten wiederum 81 ihr 25jähr. und 8 ihr 40jähr. Dienstjubiläum feiern. — Die ASW. beschäftigen sich mit der Förderung von Braunkohle und Steinkohle aus eigenen Gruben, Brikettfabrikation und Erzeugung und Verkauf von Kraftstrom aus eigenen Kraftwerken. Die Vermögensaufstellung und die Ertragsrechnung ist für alle Betriebe der ASW. gemeinsam. Ferner ist zur Bilanz zu bemerken, daß die Bilanzziffern der am 10. Dezember 1937 beschlossenen Übernahme der Tochtergesellschaft Sächs. Elektrizitäts Lieferungs-Ges. AG., Siegmar-Schönau, als Sonderkonto mit je 65 730 720,70 RM unter Aktiven und Passiven eingestellt sind. Das Anlagevermögen ist durch Ersatz der durch Wirbelsturm zerstörten Förderbrücke, durch Erweiterungs- und Neubauten und Ausbreitung der Hoch- und Mittelspannungsnetzleitung nach Mittelsachsen und Bayern gestiegen. Die Beteiligungen haben durch die Übernahme der Sächs. Elektrizitäts-Lieferungs-Ges. AG., Siegmar-Schönau, und ferner durch die Beteiligung an der Elektra AG. und der Kapitalserhöhung der Thüringenwerk AG., Weimar, und einigen kleineren Erwerbungen Änderungen erfahren, bei welcher Gelegenheit einige im Besitz befindliche Beteiligungen abgestoßen wurden. Die Verbindlichkeiten aus Dollaranleihen sind durch planmäßige und außerplanmäßige Tilgungen im Berichtsjahre um 3 434 000 $ nom. Bonds auf insgesamt 10 403 500 $ nom. Bonds zurückgegangen und wiederum zu 4,20 RM je $ eingesetzt worden. Das gesamte Aktien-Kapital befindet sich im Besitze des Sächsischen Staates.

Nr. 78. **Elektrizitätswerke der Hansestadt Köln, Köln a. Rh.** Die Stromabgabe 278,7 (258,1) Mill kWh erfuhr eine Steigerung um 8,02%; der Stromverbrauch für Haushaltungszwecke nahm um mehr als 3% zu. Bei den Elektrizitätswerken machte die steigende Stromabgabe und die Veralterung einer Anlage die Errichtung eines neuen Umspannwerkes im Stadtkern erforderlich; ebenso waren die Erweiterung der Leitungsnetze um 15 588 m Hoch- und Niederspannungskabel und 24 799 m Freileitung notwendig. Das Anlagevermögen steht mit fast 5 Mill RM höher zu Buch. Abgesehen von den Neubeschaffungen ist zu der Erhöhung im allgemeinen zu bemerken, daß die Werke von der Möglichkeit einer Neubewertung des Anlagevermögens nach dem Erlaß des Reichsfinanzministers vom 20. 8. 38 Gebrauch gemacht haben. Ein Vergleich mit den Ziffern des Vorjahres ist daher nicht ohne weiteres ersichtlich. Die Beteiligungen blieben nominell auch unverändert, der Zugang stellt eine Wertangleichung in Verfolg des erwähnten Erlasses vom 20. 8. 38 dar. — Für die Gefolgschaft werden nur die Zahlen der gesamten Städtischen Betriebe angegeben. Die Zahl der Gefolgschaftsmitglieder wird auf 1780, Beamte, Angestellte und Arbeiter genannt.

Das bisher noch vom E. W. Berggeist (RWE) gemäß eines Vertrages aus dem Jahre 1906 versorgte Gebiet der ehem. Gemeinde Merheim rrh. ging nach längeren Verhandlungen mit dem RWE in das stadtkölnische Stromversorgungsgebiet über, mit Wirkung vom 1. 4. 1938.

Nr. 79. **Steiermärkische Elektrizitäts-Gesellschaft-Graz.** Die Bilanzziffern sind auf Reichsmark im Verhältnis 1 RM = 1,50 Sch laut gesetzlicher Übergangsbestimmung umgerechnet. Die Stromerzeugung betrug 62,3 (56,9) Mill kWh. Der Strombezug war nur 0,1 (0,02) Mill kWh und die Steigerung beziffert sich auf fast 10 %. Im Betriebsjahre wurde das Aktienkapital von 6000000 S auf 10000000 S erhöht. Diese Erhöhung des Aktien-Kapitals hat in der Weise stattgefunden, daß der Kreditgeberin, die Elektrowerke AG. Basel, gegen Löschung eines Darlehns von 3220000 sfr 4000000 S Aktien mit 5% Verzinsungsgarantie zur Verfügung gestellt wurden, während von 7400000 sfr bisher kurzfristig mit 7%, in langfristig in 30 Jahren tilgbar und mit 2% über dem Banksatz der Nationalbank verzinslich geändert wurde. — Dividende wurde auf 4% festgesetzt.

Nr. 80. **ÖKA. Österreichische Kraftwerke AG., Linz a. d. Donau.** Stromerzeugung in eigenen Werken 287,8 (274,8) Mill kWh, Fremdstrombezug 80,7 (85,4) Mill kWh, zusammen 368,4 (360,2) Mill kWh. Steigerung um 2,3%. Der Stromabsatz ist um 4,4% gestiegen. Das Anlagevermögen hat durch Erweiterungsbauten und Erwerbungen von einigen Kraftwerken sowie durch Herstellung neuer 60 und 100 KV-Leitungen zwecks intensiverer Ausnutzung der Verbundwirtschaft eine Erhöhung erfahren. Bei den Kreditoren ist zu bemerken, daß das Darlehen der Bank f. elektr. Unternehmungen in Zürich um 1478000 sfr = 1844000 S getilgt ist und im Einverständnis mit der Nationalbank eine Tilgung dieses Kredites innerhalb von 10 Jahren gestattet worden ist. Die Dividende ist auf 4% festgesetzt worden.

Nr. 81. **EWI. Elektrizitätswerk Innsbruck, Innsbruck.** Die Gesamterzeugung stellte sich auf 68,515 Mill kWh, einschließlich 0,073 Mill kWh Bezug von der Tiwag. Dagegen wurden an die Tiwag abgegeben 31,224 Mill kWh, so daß den Verteilungsanlagen noch 37,290 Mill kWh zugeführt wurden, und 32,708 (32,709) Mill kWh nutzbar abgegeben werden konnten. Die Gefolgschaft zählt 166 (143) Arbeitskameraden. Der erzielte Reingewinn wird an die Stadtgemeinde abgeführt.

Nr. 82. **Vorarlberger Kraftwerke AG., Bregenz.** Die nutzbare Stromabgabe betrug 38,1 (36,0) Mill kWh oder 5,8% mehr. Die im September 1936 erfolgte Abwertung des Schweizerfrankens brachte der AG. eine Erleichterung im Zinsendienst und ermöglichte, den Buchwert der 5% sfr-Obligationen herabzusetzen und den erzielten Buchgewinn als Sonderrücklage für Kursdifferenzen zu verbuchen. Die Dividende wurde auf 7% festgesetzt.

Nr. 83. **Gemeinde Wien-Städtische Elektrizitätswerke, Wien.** Die nutzbare Stromabgabe betrug 378,4 (359,1) Mill kWh oder 5,4% mehr. Beliefert wurden außer dem Wiener Stadtgebiete unmittelbar oder mittelbar 88 Gemeinden mit insgesamt 2121855 Einwohnern. An der Erhöhung des Strombezugs waren besonders Gewerbe und Industrie beteiligt. Die Gefolgschaft zählte 2945 (2932) Arbeitskameraden. — Zur Bilanz ist zu bemerken, daß von den Rücklagen 5948662 S entnommen und an die Stadt Wien abgeführt sind. In der Ertragsrechnung werden Tilgungsquote, Zinsen und Spesen in einem Posten eingestellt und wurden von uns in der Spalte Zinsen eingesetzt. Der Reinertrag fließt der Gemeinde Wien

Digitized by Google

zu. Der Verlustvortrag ermäßigte sich auf 74351627 S (76959877 S) = 49567751 (51306585) RM.

Nr. 84. Technische Werke der Stadt Stuttgart, Stuttgart. Die nutzbare Stromabgabe betrug 236,7 (222,2) Mill kWh und deren Steigerung 13,3%. Die Gesamtbelegschaft beläuft sich auf 1684 (1597) Köpfe. In den Kraftwerken und im Netz wurden Erneuerungs- und Neubauten vorgenommen. Die bisher für die einzelnen Betriebe gesondert aufgestellten Bilanzen haben jetzt einer Gemeinschafts-Bilanz Platz gemacht, die von anderen Gesichtspunkten aus aufgestellt worden ist und zu welchem Zwecke neue Bestandaufnahmen stattgefunden haben. Ein Vergleich der Ziffern mit dem Vorjahre ist daher ohne Weiteres nicht möglich. In der vorliegenden Bilanz wurden die Zahlen des Anlage-Vermögens des Elektrizitätswerks mit 46037027 RM vermerkt und mit einem Buchwert von 33884071 RM eingesetzt. *Trb.*

Jubiläum. — Am 1. August d. J. konnte die Körting & Mathiesen AG. auf ihr 50jähriges Bestehen zurückblicken. Das Unternehmen wurde im Jahre 1889 von Max Körting VDE, dem heutigen Generaldirektor, und Wilhelm Mathiesen gegründet und befaßte sich mit der Herstellung von verschiedenen elektrotechnischen Geräten. Vier Jahre nach der Gründung wurde die Fabrikation nur auf Bogenlampen umgestellt. Infolge der technischen Entwicklung war gegen Ausbruch des Krieges die Herstellung der Bogenlampen rückläufig. Nach dem Kriege wurden deshalb alle Kräfte nur für die Herstellung von lichttechnischen Erzeugnissen eingesetzt. Aus den kleinsten Anfängen heraus hat sich die Firma zu einem großen Unternehmen mit etwa 1500 Gefolgschaftsmitgliedern entwickelt.

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Niederlande. Elektro-Außenhandel 1938. — Die Elektro-Ausfuhr der Niederlande betrug 1938 97,5 Mill RM. Gegenüber 1937 ist ein geringer Rückgang — 1,6 Mill RM oder 2% — eingetreten, das Ergebnis von 1936 ist dagegen um 22,3 Mill RM oder 30% überschritten worden. Wichtigste Warengruppen (Zahlentafel 1) in der holländischen Ausfuhr ist

Zahlentafel 1. Niederlande: Elektro-Ausfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936 1000RM	1937 1000RM	1938 1000RM	Anteil a. d. Ges. El. Ausfuhr 1936 %	1937 %	1938 %
Generatoren, Transformatoren, Umformer, Lichtdynamos, Teile davon	261	777	1 439	0,3	0,8	1,4
Elektromotoren u. Teile davon	1 123	2 005	2 289	1,5	2,0	2,4
Kabel u. isolierte Drähte	2 524	4 970	4 777	3,4	5,0	4,9
Telegraphie u. Telephonie mit Draht, sonstige Schwachstromvorricht.	453	438	495	0,6	0,4	0,5
Drahtlose Telegraphie u. Telephonie	55 190	72 184	61 511	73,4	72,8	63,1
Glühlampen mit Metallfäden	8 983	10 150	8 737	11,9	10,2	8,9
Bogenlampen, Kohlenfaden- u. ähnl. Lampen.	607	1 546	1 725	0,8	1,6	1,8
Radlicht u. Scheinwerfer dafür	112	227	329	0,2	0,2	0,3
Staubsauger	186	397	632	0.2	0,4	0,7
Isolierrohr	83	190	119	0,1	0,2	0,1
El. Lokomotiven, Triebwagen u. Teile davon	10	254	7 007	0,0	0,3	7,2
Nicht bes. ben. el. Apparate u. Vorricht. u. Teile davon	5 662	6 035	8 466	7,6	6,1	8,7
Insgesamt	**75 194**	**99 173**	**97 526**	**100**	**100**	**100**

nach wie vor die Gruppe drahtlose Telegraphie und Telephonie, die 1936/37 ungefähr 73%, 1938 infolge eines 15%igen Rückganges gegenüber dem Vorjahr 63% der Ausfuhr bestreitet. Glühlampen, die zweitgrößte Gruppe, konnten ebenfalls das Vorjahrsergebnis nicht erreichen und haben ihren Anteil an der dargestellten Gesamtausfuhr demzufolge von 12% 1936 auf 9% 1938 vermindert. Bei Kabel und Draht wurde zwar das Vorjahrsergebnis nicht ganz erreicht, das Ergebnis von 1936 jedoch um fast 90% überschritten. In den meisten anderen Gruppen, so z.B. Maschinen, nicht besonders benannte Apparate, Bogenlampen und Kohlefadenlampen, Radlicht, ist die Ausfuhr seit 1936 dauernd gestiegen. Der besonders hohe Wert bei Lokomotiven ist auf eine Lieferung nach der Union von Südafrika zurückzuführen. Im übrigen kann über die Absatzmärkte leider nichts gesagt werden, weil für die wichtigsten Warengruppen (über 80% der Ausfuhr) Länderangaben in der holländischen Statistik nicht veröffentlicht werden.

Die Elektro-Einfuhr der Niederlande ist von 39,8 Mill RM (1936) auf 48,8 Mill RM (1937) und 57,8 Mill RM (1938) gestiegen. Ebenso zeigt ein großer Teil der Warengruppen (Zahlentafel 2) wie z. B. Maschinen, Kabel und isolierter Draht, Telegraphie und Telephonie mit Draht, Staubsauger, nicht besonders benannte elektrische Apparate, Lokomotiven ein Anwachsen der Einfuhr von 1936 auf 1937 und ebenfalls von 1937 auf 1938, in welchem Ausmaße ist aus der Zahlentafel 2 zu ersehen. Auch

Zahlentafel 2. Niederlande: Elektro-Einfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936 1000RM	1937 1000RM	1938 1000RM	Anteil a. d. Gesamt Elektro-Einfuhr 1936 %	1937 %	1938 %
Generatoren, Transformatoren, Umformer u. Teile davon	1 069	1 669	2 135	2,7	3,4	3,7
Lichtdynamos f. Fahrräder u. Teile	186	287	374	0,5	0,6	0,7
Elektromotoren u. Teile davon	1 877	3 251	4 942	4,7	6,6	8,6
Kabel u. isolierte Drähte	3 887	5 049	7 101	9,8	10,4	12,3
Elektrizitätszähler- Volt- u. Amperemeter	2 259	1 983	2 604	5,6	4,1	4,4
Telegraphie u. Telephonie mit Draht, sonst. Schwachstromvorrichtungen	5 500	7 125	9 049	13,9	14,6	15.7
Drahtlose Telegraphie u. Telephonie	12 744	12 556	11 082	32,0	25,8	19,2
Glühlampen mit Metallfäden	848	858	786	2.1	1,7	1,2
Bogenlampen, Kohlenfaden- u. ähnl. Lampen	45	52	77	0,1	0,1	0.1
Radlicht u. Scheinwerfer dafür	1 475	1 621	1 470	3,7	3,3	2.6
Staubsauger u. Teile davon	1 287	1 300	1 389	3.2	2.7	2,4
Isolierrohr	247	404	348	0,6	0,8	0.6
El. Lokomotiven u. Triebwagen	110	414	2 627	0,3	0,9	4,6
Nicht bes. ben. el. Apparate u. Vorrichtungen u. Teile davon	8 282	12 184	13 798	20.8	25,0	23.9
Insgesamt	**39 816**	**48 753**	**57 782**	**100**	**100**	**100**

bei Zählern liegt der Einfuhrwert 1938 über den beiden Vorjahren, nur ist hier das Ergebnis 1937 niedriger als 1936. Bei drahtloser Telegraphie und Telephonie, Metallfadenlampen und Radlicht ist der Wert von 1937 nicht erreicht worden. Wichtigstes Bezugsland, wenn auch mit zurückgehendem Anteil ist Deutschland, das 1936 61,5%, 1938 53,3% der holländischen Elektro-Einfuhr lieferte (Zahlentafel 3). Es folgen Groß-

Zahlentafel 3. Niederlande- Elektro-Einfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936 1000RM	1937 1000RM	1937 1000RM	Anteil a. d. Gesamt-Elektro-Einfuhr 1936 %	1937 %	1938 %
Deutschland	23 635	27 700	30 469	} 61,5	57,9	53,3
Österreich	821	528	368			
Großbritannien	2 729	3 556	6 783	6,9	7,3	11,8
Belgien-Luxemburg	3 372	4 469	5 723	8,5	9,2	9,9
Schweiz	2 323	4 474	4 987	5,9	9,2	8,6
V. St. Amerika	1 740	2 572	2 332	4,4	5,3	4,0
Frankreich	978	931	1 881	2,4	1,9	3,3
Schweden	930	1 284	1 700	2,3	2,6	2,9
Tschechoslowakei	1 282	911	877	3,2	1,9	1,5
Ungarn	440	296	492	1,1	0,6	0,9
Dänemark	220	461	486	0,5	0,9	0,8
sonstige Gebiete	1 346	1 571	1 684	3,3	3,2	3,0
Insgesamt	**39 816**	**48 753**	**57 782**	**100**	**100**	**100**

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

britannien, Belgien-Luxemburg und die Schweiz, auf die zusammen 1936 21%, 1937 26% und 1938 30% der holländischen Elektro-Einfuhr fallen. Großbritannien und die Schweiz haben ihre Lieferungen nach Holland von 1936 auf 1938 mehr als verdoppelt, Belgien-Luxemburg um 70% gesteigert, während die deutschen Lieferungen im gleichen Zeitraum nur um 26% gewachsen sind.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte einen Entwurf zu

VDE 0880 „Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen"

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 440 bekanntgegeben war. Unter Berücksichtigung der eingegangenen Einsprüche wurden Änderungen vorgenommen.

Die sich hiernach ergebende endgültige Fassung der Vorschriften, die in ETZ 60 (1939) S. 988 veröffentlicht ist, ist vom Vorsitzenden des VDE im Juli 1939 genehmigt worden und tritt mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

Ausschuß für Fernmeldetechnik.

Der Unterausschuß „Galvanische Elemente" des Ausschusses für Fernmeldetechnik hat einen Entwurf zu

VDE 0807 „Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien"

fertiggestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 989 veröffentlicht ist. Dieser Entwurf stellt eine Überarbeitung und Zusammenfassung der zur Zeit geltenden Bestimmungen

VDE 0807 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von galvanischen Elementen",

VDE 0808 „Vorschriften für dreizellige Taschenlampenbatterien" und

VDE 0865 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anodenbatterien" dar.

Begründete Einsprüche gegen den oben angegebenen Entwurf sind der Geschäftstelle bis spätestens zum 1. Oktober 1939 einzureichen.

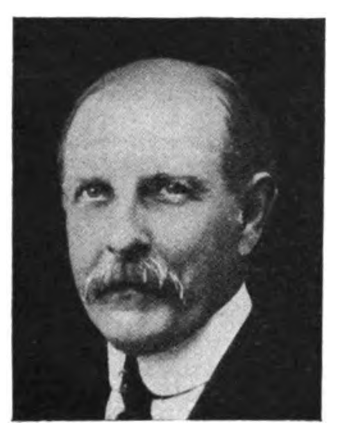
Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

A. E. Kennelly †.

Am 18. Juni 1939 ist in Boston im 77. Lebensjahr Arthur Edwin Kennelly gestorben. In Bombay geboren, kam Kennelly nach mehrjähriger Tätigkeit als Telegrapheningenieur bei einer englischen Gesellschaft mit 25 Jahren nach den Vereinigten Staaten, wo er zunächst Assistent von Edison, später Mitinhaber der Firma Houston & Kenelly und von 1902 ab Professor an der Harvard-Universität war. Die nordamerikanische Elektrotechnik verliert in ihm einen ihrer hervorragendsten Vertreter. Er hat die komplexe Rechnung in die Wechselstromtechnik eingeführt (1893) und sich frühzeitig für eine ausgedehnte Verwendung der Hyperbelfunktionen komplexen Arguments in der Leitungstheorie eingesetzt. Wichtige Beiträge hat er zu der Aufklärung der Wirkung des Telephons geliefert. Allgemein bekannt ist, daß er ungefähr gleichzeitig mit Heaviside schon im Jahre 1902 die große Reichweite der Funkwellen durch die Annahme einer leitenden Schicht in der höheren Atmosphäre erklärte. Vielen europäischen Elektrotechnikern war er persönlich bekannt durch seine Mitarbeit in der Internationalen Elektrotechnischen Kommission. Er war bis zu seinem Tode der Vorsitzende des Ausschusses „Elektrische und magnetische Größen und Einheiten" und hat sich als solcher sehr verdient gemacht durch den bei aller Mäßigung fortschrittlichen Geist, in dem er die Verhandlungen leitete. Sein Tod hat hier eine Lücke gerissen, die sich um so schwerer ausfüllen lassen wird, als in seiner Person hervorragende sachliche Fähigkeiten mit seltenen menschlichen Eigenschaften vereinigt waren. Sein Name wird auch in der deutschen Elektrotechnik unvergessen bleiben, insbesondere im Bezirk Berlin des VDE, dem ehemaligen Elektrotechnischen Verein, dessen Ehrenmitglied er war. J. Wallot VDE.



A. E. Kennelly †.

O. Griessing. — Herr Oberingenieur Otto Griessing, der Konstrukteur des Volksempfängers, erhielt als erster den im vergangenen Jahre von Reichsminister Dr. Goebbels ausgesetzten Rundfunkpreis in Höhe von 10 000 RM. „Damit wird ein Verdienst gewürdigt, das darin besteht, durch Schaffung eines billigen Volksgerätes wesentlich zur Verbreitung des deutschen Rundfunks in den Massen unseres Volkes beigetragen zu haben." Herr Griessing wurde 1897 in München geboren. Nach seiner technischen Ausbildung in München und Würzburg nahm er als Nachrichtenoffizier der Funkertruppe im Orient und an der Westfront am Kriege teil, um dann auch nach dem Weltkrieg in der Nachrichtentechnik tätig zu sein. Heute arbeitet Herr Griessing in Kiel und ist gleichzeitig Vorsitzender der technischen Volksempfänger-Kommission.

Hochschulnachrichten. — An der Bergakademie Clausthal wurde Herr Dozent Dr.-Ing. Karl Bechtold zum ord. Prof. in der Fakultät für Bergbau und Hüttenwesen ernannt und ihm der Lehrstuhl für Maschinenkunde und Elektrotechnik übertragen.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 539

Atomphysik. Von Prof. Dr. K. Bechert und Prof. Dr. Ch. Gerthsen. Teil 1: Allgemeine Grundlagen. Mit 52 Abb. u. 149 S. Teil 2: Theorie des Atombaus. Mit 23 Abb. u. 174 S. Format 110×160 mm. Band 1009 und 1123 der Sammlung Göschen. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1938, geb. je RM 1,62.

Die beiden Bände stellen keine Einführung in die Atomphysik dar, sondern kurzgefaßte, sehr inhaltsreiche Lehrbücher, die hauptsächlich die grundlegenden theoretischen Tatsachen behandeln. Experimentelle Ergebnisse sind zur Stützung des Vorgetragenen weitgehend herangezogen. Gut herausgearbeitet ist überall der Unterschied zur klassischen Physik, und es wird gezeigt, wie hier im fast unendlich Kleinen die für das makroskopische Geschehen bekannten Gesetzmäßigkeiten nicht voll gelten, ergänzt oder verändert werden müssen. Die Erscheinungsformen z. B. des Elektrons als Korpuskel und als Welle, des Lichtes als elektromagnetische Welle und als Strahlungsquant, der Materie als Masse und Welle sowie die Gleichwertigkeit von Masse und Energie, die Unschärferelationen und das Korrespondenzprinzip beherrschen die Darstellung und zeigen die vielfältig verschlungenen Vorgänge im Atom. Von der mathematischen Behandlung wird bis zum quantitativen Er-

Digitized by Google

gebnis in aller Strenge Gebrauch gemacht. Es ist erfreulich, daß dem deutschen Leserkreis eine so wertvolle Darstellung der Atomphysik so preiswert zur Verfügung steht, wobei ein gutes Sachwortverzeichnis sogar eine schnelle Unterrichtung erlaubt.
E. Lübcke.

DK 621.311.003

Probleme der öffentlichen Elektrizitätsversorgung, insbesondere ihr Einfluß auf die Tarife. Von Dr. H. Salm. (Münchener Volkswirtschaftliche Studien, Neue Folge, Heft 26.) Mit 4 Kurven, VII u. 98 S. im Format 165 × 240 mm. Verlag Gustav Fischer, Jena 1939. Preis geh. 4,20 RM.

In dieser 98 Seiten starken Broschüre gibt der Verfasser eine Übersicht über die in der deutschen Elektrizitätsversorgung vorhandenen Grundprobleme. Er zeigt, durch welche Faktoren die Elektrizitätsversorgung bedingt ist und wodurch sie sich von anderen Wirtschaftszweigen unterscheidet. Insbesondere beschreibt der Verfasser den sich hierdurch ergebenden Einfluß auf die Tarifgestaltung. Für Laien bildet dieses Büchlein eine gute Einführung in die Elektrizitätswirtschaft, Fachmännern bietet es jedoch nichts Neues. W. Willing VDE.

DK 62(058)

VDI-Jahrbuch 1939. Die Chronik der Technik. Herausg. im Auftrag des Vereines deutscher Ingenieure von A. Leitner. Mit 306 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis kart. 3,50 RM.

Das nunmehr als 6. Folge vorliegende VDI-Jahrbuch 1939 bietet dem Benutzer wieder einen gedrängten Überblick über die im Jahre 1938 auf allen technischen Fachgebieten geleistete wissenschaftliche und praktische Arbeit. Der Ingenieur kann daraus entnehmen, wo bei der heutigen Aufgabe zu weiterer Leistungssteigerung und höchster Leistungsnützung angesetzt werden muß. 96 anerkannte Fachleute haben auf 91 Einzelgebieten aus ihren Erfahrungen die Entwicklungsrichtung auf diesen gekennzeichnet. 10 000 Schrifttumsstellen, reichhaltige Angaben zu Buch-Neuerscheinungen belegen die kurz gefaßten Entwicklungsstufen jeden Fachgebietes. Das umfangreiche lexikonartige Sachverzeichnis mit rund 3000 Stichworten erleichtert die Benutzung des Buches. Für den Elektrotechniker sei besonders auf die Fachgebiete: Elektrotechnik, Energieerzeugung und -bewirtschaftung, elektrische Zugförderung, Licht- und Beleuchtungstechnik hingewiesen, wobei aber auch ein Einblick in die anderen Fachgebiete zu wirkungsvollem Arbeitseinsatz auf diesen anregen dürfte.
A. Przygode VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Kurze Elektrizitäts- und Gerätelehre für Funker und Fernsprecher. Von K.-A. Mügge. 5. neubearb. Aufl. Mit 62 Abb. u. 85 S. im Format 125 × 190 mm. Verlag E. S. Mittler & Sohn, Berlin 1939. Preis kart. 1,20 RM.

[Das Büchlein will die Nachrichtentruppen in kurzer, soldatischer Form zunächst in die Grundlagen der Elektrotechnik einführen und dann mit der Wirkungsweise, Bedienung und feldmäßigen Prüfung der im Heer gebräuchlichen Geräte vertraut machen. Die vorliegende fünfte Auflage ist unter Berücksichtigung mehrerer neuer Geräte überarbeitet worden.]

Kühlschränke und Kleinkälteanlagen. Einführung in die Kältetechnik. Von Obering. P. Scholl. 3. erweit. Aufl. Mit 70 Abb. u. 92 S. im Format 135 × 210 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 3,50 RM.

[Das in 3. Auflage erschienene Buch behandelt die physikalischen Grundlagen der Kältetechnik, den mechanischen Aufbau der Kühlschränke und geht auf die Gesichtspunkte der Nahrungsmittelkühlung ein. Es ist gedacht für Käufer und Verkäufer von Kühlschränken und Kleinkälteanlagen, für Gas- und Elektrizitätswerke, Architekten und das Nahrungsmittelgewerbe.]

Die Hauptuhren und Nebenuhren. Ihre Bauart, Prüfung und Instandsetzung. Mit einem Abschnitt über elektrische Turmuhren. Von Obering. F. Thiessen (Elektrische Uhren und Uhren für technische Zwecke, Bd. 3). Mit 106 Abb. u. 157 S. im Format A 5. Verlag der Deutschen Uhrmacher-Zeitung, Deutsche Verlagswerke Strauß, Vetter & Co., Berlin 1939. Preis geb. 5,60 RM.

[Neben den Einzel- und Synchronuhren spielen die Haupt- und Nebenuhren nach wie vor besonders für Fabriken, Büros und Verkehr eine beachtenswerte Rolle. Der Verfasser behandelt zunächst den Kontakt als den wichtigsten Teil der Uhr und anschließend die Funkenlöschung. Dann folgen die verschiedenen Hauptuhren und Unterhauptuhren. Ein größerer Abschnitt ist den Konstruktionen der einzelnen Firmen gewidmet. Ebenso eingehend wird an Hand von vielen Abbildungen über die Nebenuhren berichtet, getrennt nach Schwinganker- und Drehankeruhren. Hervorzuheben sind hier die zahlenmäßigen Angaben über die Beurteilung verschiedener Systeme, die der Verfasser auf Grund seiner jahrelangen Erfahrung geben kann. Das Buch schließt mit einem Abschnitt über elektrische Turmuhren. Sicher wird auch dieser dritte Band der „Elektrischen Uhren und Uhren für technische Zwecke" in den einschlägigen Kreisen mit Interesse erwartet, da dieses Gebiet bisher auf dem Büchermarkt nur spärlich vertreten war und das Buch von F. Thiessen über die Prüfung und Instandsetzung der Haupt- und Nebenuhren viele wertvolle Ratschläge geben kann.] *He.*

Der technische Zeichner. 1. Teil: Die Beschriftung der Zeichnungen. Von L. J. Kaiser. 2. Aufl. Mit 40 Blättern in Mappe. Format 250 × 320 mm. Verlag Richard Carl Schmidt & Co., Berlin W 62, 1939. Preis 4 RM.

[Die Mappe enthält in vierzig einzelnen Blättern die wichtigsten Grundlagen der Größenverhältnisse, Strichstärken und Schrifthöhen, die der Industriezeichner für die Beschriftung von Zeichnungen für Druckstock-, Diapositiv-, Lehr- und Austellungszwecke benötigt.]

Was muß der Handwerkslehrling zur Gesellenprüfung wissen? Von Dr. W. Steuernagel. 8. Aufl. Mit 64 S. im Format A 5. R. Herrosé's Verlag, Wittenberg u. Gräfenhainichen, 1939. Preis kart. 0,60 RM.

[Das Buch erscheint nun bereits in der achten Auflage. Alles, was der Handwerkslehrling auf geschäftlichem, gesetzlichem und handwerksorganisatorischem Gebiet wissen muß, ist in dem Buch nach den neusten Bestimmungen zugrunde gelegt. Neu aufgenommen wurden die Abschnitte „Allgemeine Rechtsfragen" und „Gewerbliche Steuern".]

Lehrbuch der Elektrotechnik. 1. Band: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von Prof. Dr.-Ing. G. Oberdorfer. Mit 272 Abb., 1 Tafel u. 460 S. im Format 170 × 240 mm. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1939. Preis geb. 19,50 RM.

Mechanische Hafenausrüstungen insbesondere für den Umschlag. Von Dipl.-Ing. O. Wundram. Mit 153 Abb., V u. 172 S. im Format B 5. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 18 RM, geb. 19,80 RM.

Berichtigungen.

Herr Adam Bauer VDE, Berlin, machte dankenswerterweise darauf aufmerksam, daß in meinem Aufsatz „Einführung in die elementare Filtertheorie als Anwendung der allgemeinen Vierpoltheorie" auf Seite 843, Heft 28 der ETZ d. J. folgendes zu berichtigen ist:

In der Tafel S. 844 müssen die beiden Schaltbilder vertauscht werden; in der T-Schaltung sind weiter R_1 und R_2 gegeneinander auszutauschen und beide Querwiderstände der π-Schaltung sind mit 2 R_1 zu bezeichnen. Im darauffolgenden Satz ist „π-Glied" an Stelle von Stern und „T-Glied" an Stelle von Dreieck zu setzen.

Berlin, den 4. 8. 1939. E. Hameister VDE.

In dem Bericht „Der Oberleitungs-Omnibus als Großstadt-Verkehrsmittel" in Heft 18 der ETZ 60 (1939) S. 547, rechte Spalte Mitte, muß es heißen:

„Das im Anfang häufige Abspringen der Stromabnehmer wurde durch ständige Verbesserungen an der Oberleitung und den Stromabnehmern soweit gemildert, daß heute auf 16 000 Wagen-km nur **drei** Entgleisungen der Schleifschuhe kommen.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. B. Beckmann VDE, Berlin-Wilmersdorf, Rauenthaler Str. 2.
Ziviling. Dipl.-Ing. F. Besig VDE, Berlin-Frohnau, Hainbuchenstr. 2.
Dipl.-Ing. H. Hootz, Berlin NW 87, Tile Wardenberg-Str. 13.

Abschluß des Heftes: 11. August 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
60. Jahrgang | Berlin, 24. August 1939 | Heft 34

Elektrotechnik vor 60 Jahren.

Ein Rückblick auf die Berliner Gewerbeausstellung von 1879*).

Von Fr. Heintzenberg VDE, Berlin.

DK 621.3(091)

Übersicht. An dem Beispiel wichtiger Ausstellungsgegenstände von Siemens & Halske auf der Berliner Gewerbeausstellung soll der Stand der Elektrotechnik vor 60 Jahren entwicklungsgeschichtlich beleuchtet werden.

Die Berliner Gewerbeausstellung von 1879 am Lehrter Bahnhof war mit Ausstellungsgegenständen aus dem Gebiet der Elektrotechnik reich beschickt. Eine Gruppe Elektrotechnik gab es allerdings noch nicht, weil die Elektrotechnik erst anfing, ein bedeutendes, in sich geschlossenes Fachgebiet zu werden. Auch das Wort Elektrotechnik entstand erst im Jahre der Ausstellung, und zwar wird es zum erstenmal von Werner Siemens angewendet in einem an Exzellenz von Stephan gerichteten Schreiben, bei dessen Inhalt es sich um die Gründung des Elektrotechnischen Vereins handelte.

Es ist nicht beabsichtigt, hier eine Übersicht über das elektrotechnische Schaugut der Ausstellung zu geben. Es sollen lediglich einige besondere Leistungen auf elektrotechnischem Gebiet hervorgehoben werden, teils weil sie unmittelbar von Werner Siemens stammen, mindestens aber unter seiner persönlichen Mitwirkung entstanden sind, teils weil es sich um Konstruktionen handelt, die zwar technisch äußerst interessant waren, die aber wenig in die Praxis eingedrungen und daher heute fast in Vergessenheit geraten sind. Schließlich sollen hier auch noch einige auf der Ausstellung vor 60 Jahren zum erstenmal gezeigte elektrotechnische Errungenschaften behandelt werden, die von damals noch gar nicht abzusehenden Folgen für die technische Entwicklung gewesen sind.

Zu den wenig bekannt gewordenen, aber trotzdem auch noch für den heutigen Ingenieur technisch interessanten Lösungen gehören einige Konstruktionen von Werner Siemens auf wehrtechnischem Gebiet. Unter den allerersten von ihm noch während seiner Offizierszeit gelösten technischen Aufgaben befand sich die Messung der Geschwindigkeit von Geschossen. Früher hatte man hierzu vorwiegend das ballistische Pendel benutzt, bei dem man aber nur auf dem Rechnungswege zu mittelbaren Ergebnissen kam. Man hatte aber auch schon versucht, die Flugzeit unmittelbar zu messen (Leonhardt), indem durch das fliegende Geschoß ein durch ein Uhrwerk angetriebener umlaufender Beobachtungszeiger angehalten wurde. Breguet und Wheatstone benutzten statt der Leonhardtschen Uhr bei ihren Versuchen eine umlaufende Trommel, auf die ein sich unter der Einwirkung des Geschosses loslösender Elektromagnetanker herabfiel und dabei eine Marke aufzeichnete.

Werner Siemens schlug nun vor, an Stelle eines Elektromagneten den masselosen elektrischen Funken zu verwenden. Er übernahm die umlaufende Trommel, übertrug aber das Aufzeichnen der Marke dem elektrischen Funken. Damit war jedes mechanische Zwischenglied zwischen Geschoß und Zeitmarke beseitigt und gleichzeitig die Grundlage geschaffen für die elektrischen Funkenchronographen, die noch heute für Präzisionsmessungen verwendet werden.

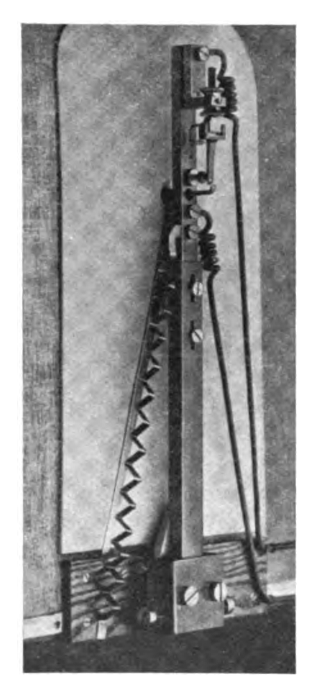


Abb. 1. Erschütterungskontakt zum Messen von Geschoßgeschwindigkeiten.

Ein Gewehr, mit dem Siemens derartige Versuche gemacht hat, ist noch vorhanden; sein Lauf ist an sechs verschiedenen Stellen diametral durchbohrt. In diese Bohrungen wurden feine isolierte Drähtchen quer zur Geschoßrichtung eingeführt und die Öffnungen dann beiderseits hermetisch verschlossen. Beim Abfeuern zerriß das Geschoß diese Drähtchen und rief dadurch nacheinander das Überspringen von sechs Induktionsfunken und die Entstehung von sechs Meßmarken auf einer Stahltrommel hervor.

Es war aber auch möglich, nach demselben Verfahren die Geschwindigkeit von Geschossen während großer Teile ihrer Gesamtbahn außerhalb des Gewehr- oder Geschützlaufes zu ermitteln. Man stellte in bestimmten Entfernungen senkrecht Flächen in den Weg des Geschosses. An jeder dieser Flächen war ein Erschütterungskontakt angebracht (Abb. 1), der betätigt wurde in dem Augenblick, wo das Geschoß die betreffende Fläche durchschlug.

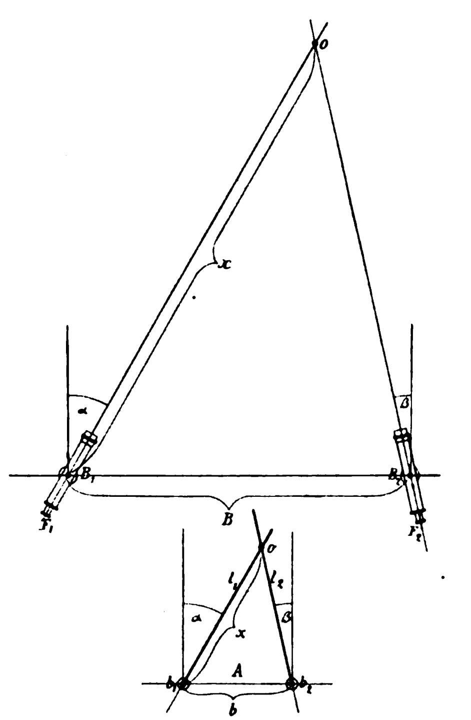
Bekanntlich hat Werner Siemens im Jahre 1848 durch Anlegung einer elektrischen Minensperre die Stadt Kiel gegen Angriffe der dänischen Flotte gesichert. Um eine dieser Minen im richtigen Augenblick zu sprengen, brauchte er eine Visiereinrichtung, die damals noch recht primitiv ausgeführt wurde. Mit dem Gedanken der Schaffung einer sicher wirkenden Einrichtung hierfür hat sich Siemens auch später noch befaßt, und es ist schließlich

*) Auszug aus einem Vortrag, gehalten in der Arbeitsgemeinschaft für Technik-Geschichte des Vereines deutscher Ingenieure im NSBDT. am 8. 2. 1939.

Digitized by Google

daraus ein geistreicher elektromagnetischer Distanzmesser geworden, der auch im Jahre 1879 auf der Gewerbeausstellung vorgeführt wurde.

Der folgenden Beschreibung des Geräts werden ein Aufsatz aus dem Jahrgang 1879 der Zeitschrift für angewandte Elektrizitätslehre, der Vorgängerin der ETZ, sowie andere zeitgenössische Veröffentlichungen zugrunde gelegt. Das Ziel wird von zwei Fernrohren an den Enden einer Basisstrecke B angeschnitten; die Richtungen der Fernrohrachsen werden elektrisch auf zwei Lineale des Meßgerätes, des sog. Indikators, übertragen (Abb. 2).



Leitung I ist, wie in Abb. 3 angedeutet, mit dem Elektromagneten E_1, Leitung II mit E_2 verbunden. Zwischen den Polen dieser Elektromagnete sind magnetische Stahlzungen z_1 und z_2 (polarisierte Zungen) beweglich aufgehängt, welche durch die Ströme im Elektromagneten in

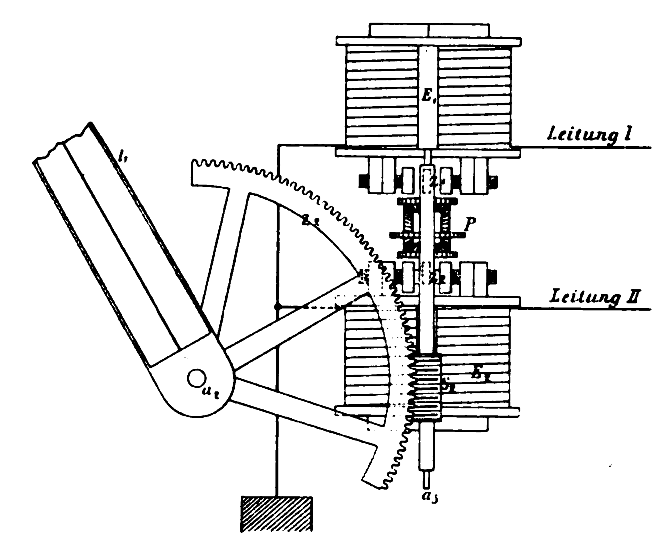


Abb. 3. Elektromagnetische Bewegungsvorrichtung für die Lineale des Indikators.

eine hin und her gehende Bewegung versetzt werden. Der Anzahl der Stromimpulse, die vom Fernrohr her entsprechend dem Drehwinkel in die eine oder andere der beiden Leitungen gelangt, entspricht also die Anzahl der Hin- und Herbewegungen der einen oder anderen Zunge. Die Bewegungen der polarisierten Zungen werden über ein sog. Echappement und Planetenradgetriebe P auf eine Achse a_5 und durch die Schnecke S_2 über das Zahnrad-

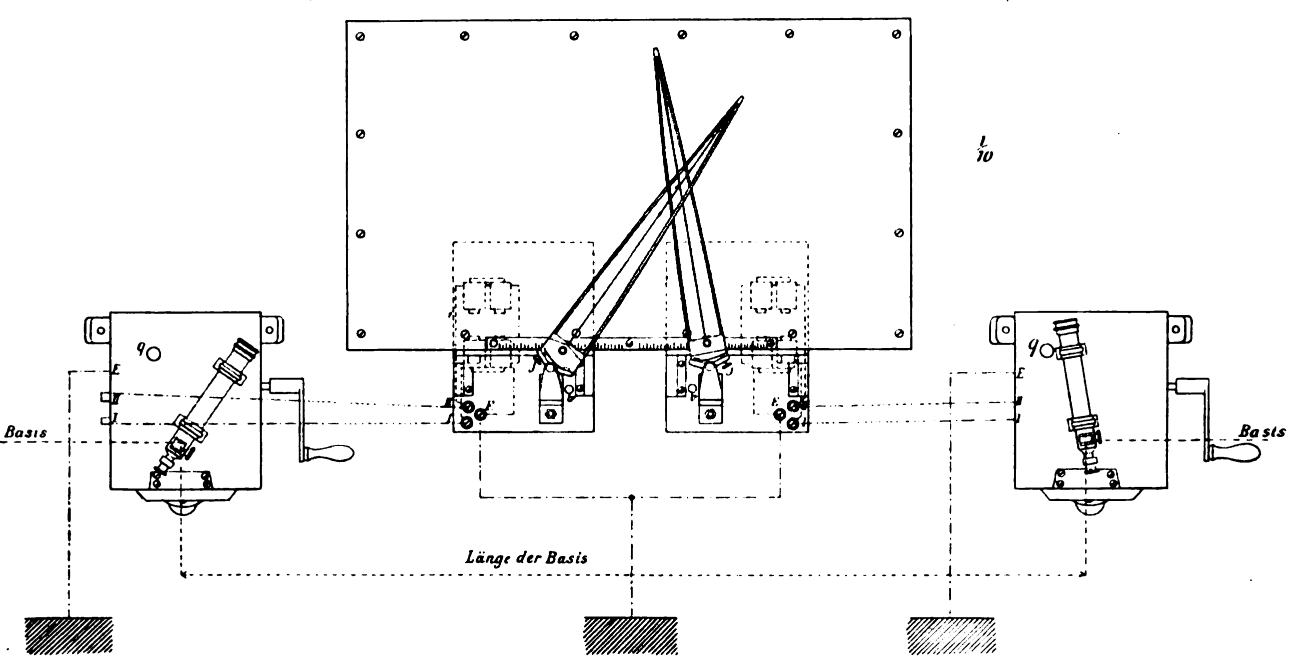


Abb. 2. Elektromagnetischer Distanzmesser von Werner Siemens.

Der Indikator mit der Basis b bildet also das tatsächliche Meßdreieck im Maßstab $b : B$ ab; die Entfernung von der Basis B zum Ziel kann auf einer Karte im Maßstab $b : B$ abgelesen werden.

Die beim Drehen der Fernrohre erzeugten Induktionsstromstöße werden durch eine Kontaktvorrichtung je nach der Drehrichtung einer der beiden Leitungen I oder II zugeführt.

segment Z_2 auf das Lineal l_1 übertragen. Die bei Rechts- oder Linksdrehung des entfernten Fernrohres in einer oder der anderen Leitung ankommenden Ströme bewirken also die Rechts- oder Linksdrehung des Lineales l_1. Die Übersetzungsverhältnisse, Anzahl der Ströme usw. sind so gewählt, daß eine bestimmte Winkeldrehung eines Fernrohres die gleiche Winkeldrehung des entsprechenden Lineals hervorbringt. Diese sehr umständliche Art der

Digitized by Google

Bewegungsübertragung war damals noch unvermeidlich, weil man noch keine synchron laufenden Elektromotoren kannte.

Das für die Technikgeschichte bedeutsamste Ereignis der Ausstellung war die Vorführung der elektrischen Kraftübertragung. Was man damals unter einem Elektromotor verstand, zeigt Abb. 4, die dem Jahrgang 1879, S. 52 u. 77, der Zeitschrift für angewandte Elektrizitätslehre entnommen ist. Diesem Motor, den wir heute eine elektromagnetische Spielerei nennen würden, ist dort ein 39 Druckseiten umfassender Aufsatz gewidmet, in dem unter erheblichem Aufwand von höherer Mathematik die Theorie und Betriebsweise des Motors behandelt werden. Man dachte also damals bei dem Wort Elektromotor[1]) an einen durch galvanische Elemente betriebenen Bewegungsmechanismus. In der breitesten Öffentlichkeit wußte man noch nichts davon, daß Dynamomaschine und Elektromotor im Grunde dasselbe waren. Praktisch kam ja auch eine Verwendung der Dynamomaschine als Elektromotor noch gar nicht in Frage, weil es noch keinerlei Stromnetze gab, an die man einen Elektromotor hätte anschließen können. Es hat noch viele Jahre gedauert, bis die Begriffe der elektrischen Kraftübertragung und des elektrischen Antriebs in Laienkreisen sich klärten. Noch weit bis in die achtziger Jahre hinein erhielt beispielsweise die Firma Siemens & Halske laufend eine große Anzahl von Briefen, in denen Elektromotoren verlangt wurden zum Antrieb von allen möglichen Werkzeugmaschinen, Haushaltungsmaschinen, Fahrrädern, Drehorgeln usw., wobei der naive Besteller annahm, daß, wenn ihm die Firma einen solchen Motor lieferte, er ihn bloß an seine Kaffeemühle oder sein Dreirad anzubauen brauchte, dann würde der Motor, wenn man ihn nur einschaltete oder auf einen Knopf drückte, schon seine Schuldigkeit tun. Eine Zeitlang wurden derartige Anfragen mit rührender Geduld und Ausführlichkeit beantwortet. Aber schließlich wurde das zuviel und man sah sich genötigt, sich auf eine kurze Mitteilung zu beschränken mit dem Inhalt: „Wir bauen keine Elektromotoren". Nur ein Beispiel aus einem solchen Briefwechsel:

„Ihr Geehrtes vom 27. ist mir nicht recht verständlich und fürchte ich mich in meinem Ergebenen unkorrekt ausgedrückt zu haben. Ich wünsche einen 1- bis 2pferdigen Motor zum Treiben eines Kugel-Kaffeebrenners, und glaubte, daß zu solchen kleinen Kraftmaschinen am besten elektrische Maschinen passend wären, welche nicht erst, wie ich Ihr Geehrtes verstehe, von einer anderen Maschine getrieben werden müssen."

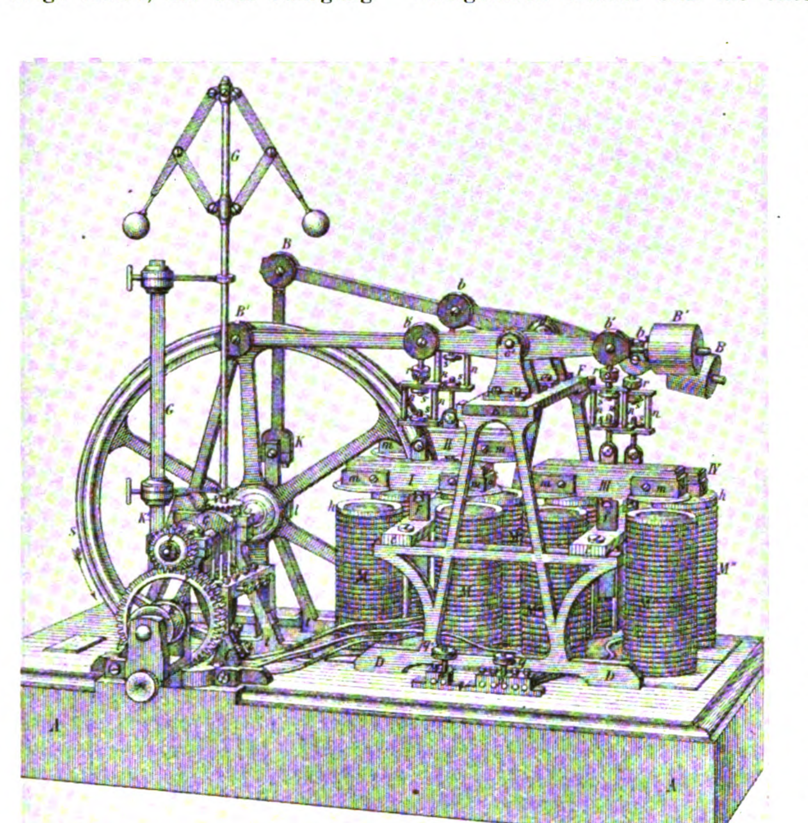


Abb. 4. Eggers elektromagnetischer Motor.

Die erste praktische Ausführung einer elektrischen Kraftübertragungsanlage, über die wir Zuverlässiges wissen, wurde von Siemens & Halske im Jahre 1877 an die Königliche Gewehrfabrik in Spandau geliefert. Die Direktion der Gewehrfabrik hat am 14. 1. 1878 hierüber in einem Schreiben berichtet, dessen Anfang lautet: „Euer Wohlgeboren erlaubt sich die unterzeichnete Direktion hierdurch ergebenst mitzuteilen, daß die von Ihnen zum Versuch bereitgestellten elektromagnetischen Induktionsapparate zur Erzielung einer elektrischen Transmission seit drei Wochen in ununterbrochenem Betrieb sich befinden und zu keinen Ausstellungen Veranlassung gegeben haben."

Auf der Gewerbeausstellung wollte eine Berliner mechanische Weberei einen Teppichwebstuhl in Betrieb vorführen, und dieser Webstuhl wurde dazu ausersehen, als erste Arbeitsmaschine der Textilindustrie mit einem elektrischen Antrieb versehen zu werden. Siemens & Halske stellten in der Maschinenhalle eine Gleichstrommaschine auf und verbanden sie mit einer gleichen Maschine, die in der Textilhalle an den Teppichwebstuhl angebaut war. Leider gibt es keine Abbildung dieser Anlage, und auch die Entfernung zwischen Dynamomaschine und Elektromotor läßt sich nur ganz ungenau bestimmen; sie muß zwischen 30 und 80 m gelegen haben. Der Deutsche Reichsanzeiger vom 21. 8. 1879 schreibt über diese Kraftübertragungsanlage folgendes: „Von der Maschinenhalle aus führt eine Leitung zu einer in der Textilhalle aufgestellten dynamoelektrischen Maschine, welche in der Halle den Betrieb eines Teppichwebstuhls der Firma F. Paatz und einer Spulmaschine nebst Haspel von G. Stein unterhält. Die Maschine ist hier mit einem Regulator[2]) in Verbindung gebracht, welcher sehr genau und kräftig wirkt. Geht die primäre Maschine zu schnell, so schaltet der Regulator eine Anzahl Kohlenstäbe ein und bringt dadurch einen Widerstand in den Stromkreis, der eine Erhöhung der auf die sekundäre Maschine einwirkenden Stromintensität verhindert; läßt die Umdrehungsgeschwindigkeit nach, so schalten sich die Widerstände selbsttätig aus und erhalten den Gang der übertragenden Maschine in bisheriger Geschwindigkeit. Die Arbeiten des Webstuhls und der beiden Hilfsmaschinen, die von der unsichtbaren Kraft der Elektrizität in so sichere und gleichmäßige Bewegung versetzt werden, gewähren ein hohes Interesse und verfehlen nicht, einen sich stets erneuernden Kreis von Schaulustigen und Wißbegierigen um sich zu sammeln."

In der Nationalzeitung vom 8. 6. 1879 findet man folgende merkwürdige Anzeige: „Elektrische Bahnen nach seinem Vorschlage zuerst für seine Stadtgrube Senftenberg von der Firma Siemens & Halske aus- und in der

[1]) Die Bedeutung des Wortes „Elektromotor" ist in den achtziger Jahren nicht eindeutig bestimmt. Auch galvanische Elemente und Thermosäulen wurden damals als „Elektromotoren" bezeichnet.

[2]) Es war ein Schwungkugelregler.

Digitized by Google

Berliner Gewerbeausstellung vorgeführt, baut und empfiehlt als sehr vorteilhaft für Kohlenbergwerke, Bergersteigungen und Stadtverkehr F. Westphal, Eisenbahndirektor a. D.“

Dieser Herr Westphal hat bis zu seinem späten Tode an der Überzeugung festgehalten, daß er der Erfinder der elektrischen Eisenbahn sei. Dabei hat Werner Siemens bereits 1866, unmittelbar nach der Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips, von der Anwendung der Dynamomaschine zum Betriebe elektrischer Bahnen gesprochen, und im Jahre danach hat er auf der Pariser Ausstellung mit Reuleaux ernsthaft die Frage elektrischer Säulenhochbahnen in den Straßen der Städte erörtert.

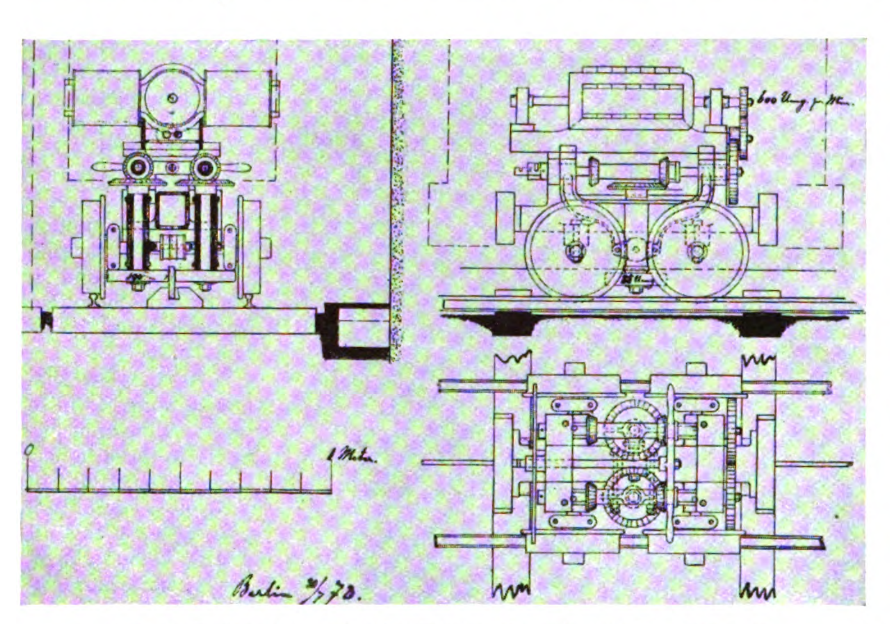


Abb. 5. Entwurf einer elektrischen Friktionslokomotive aus dem Jahre 1878.

Immerhin hat Westphal den äußeren Anstoß zur Konstruktion der ersten elektrischen Lokomotive gegeben. Er hatte einen Vortrag von William Siemens über die Ausnutzung der Niagarafälle zur elektrischen Kraftübertragung gelesen und war dadurch auf den Gedanken gekommen, Werner Siemens eine elektrische Kraftübertragung vorzuschlagen, durch die die Braunkohlenlager bei Kottbus zur Stromversorgung von Berlin benutzt werden sollten. Aber eine derartige Anlage war damals praktisch völlig unmöglich, da man keine Maschine für hohe Spannungen bauen konnte, und da die Querschnitte der Leitungen bei niedrig gespanntem Strom und großer Entfernung viel zu groß geworden wären. Werner Siemens kam z. B. in seinen Gesprächen mit Reuleaux 1867 auf Leitungsquerschnitte von der Dicke der Waden eines gut gewachsenen Mannes.

Im Jahre 1878 entstand im Büro des Ingenieurs Wesslau von Siemens & Halske auf dem Papier die erste elektrische Lokomotive, die für Kohlenförderung auf einem Schachte des Herrn Westphal bestimmt war. Dieser allererste Entwurf (Abb. 5) ist insofern außerordentlich interessant, als er zeigt, daß man damals offenbar dem Adhäsionsdruck nicht traute und daher diese erste Lokomotive als Friktionslokomotive projektiert hat. Die Laufräder sollten nicht angetrieben werden, sondern nur zwei Friktionsräder, die eine Mittelschiene von beiden Seiten fassen und so den Zug vorwärts ziehen sollten; die Mittelschiene war gleichzeitig als Stromzuführung gedacht.

Bei der Durchbildung der ersten praktisch ausgeführten Lokomotive ist man dann allerdings von dem Friktionsantrieb wieder abgegangen; bei ihr wurden die Laufräder unmittelbar angetrieben, und die Mittelschiene diente nur noch der Stromzuführung durch Bürsten (Abb. 6). Diese kleine Grubenlokomotive war es dann, die man auf der Gewerbeausstellung auf einer etwa 300 m langen Schleife der staunenden Welt vorführte.

Von den elektrischen Einrichtungen dieser Lokomotive ist noch das Verfahren des Anlassens bemerkenswert. Nach einer Beschreibung im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens aus dem Jahre 1879 (S. 249) bestand das Maschinenelement, das wir heute Anlasser nennen würden, aus folgendem: „Hinter dem Handhebel, der die Bremsen betätigt, liegt auf dem Rahmen, in eine schlecht leitende Holzplatte eingelassen, eine kleine Kupferplatte. Eine zweite bewegliche Kupferplatte liegt auf der ersteren, wenn der Hebel, nach rückwärts gezogen, mit einer Federklinke am Zahnbogen befestigt ist. Isolierte Federn drücken die obere Kupferplatte fest auf die untere. Der elektrische Strom nimmt seinen Weg durch den Kontakt der Platte und wird unterbrochen, wenn der Hebel beim Anziehen der Bremse die obere Platte mit einer isolierten Zugstange ganz auf die Holzplatte schleppt. Der Strom wird schwächer mit der Überdeckung der Kupferplatte. Die Lokomotive ist so bei voller Fahrgeschwindigkeit auf 5 Meter zum Stehen zu bringen.“ Der „Anlasser“ bestand also einfach aus zwei gegeneinander verschiebbaren Kupferplatten, deren Wirkung in einer Vergrößerung oder Verringerung des Übergangswiderstandes lag. Später wurde dieser „Plattenanlasser“ durch einen sehr einfachen Flüssigkeitsanlasser ersetzt, der aber in seinem Aufbau schon die Grundform des heutigen Bahnkontrollers enthielt.

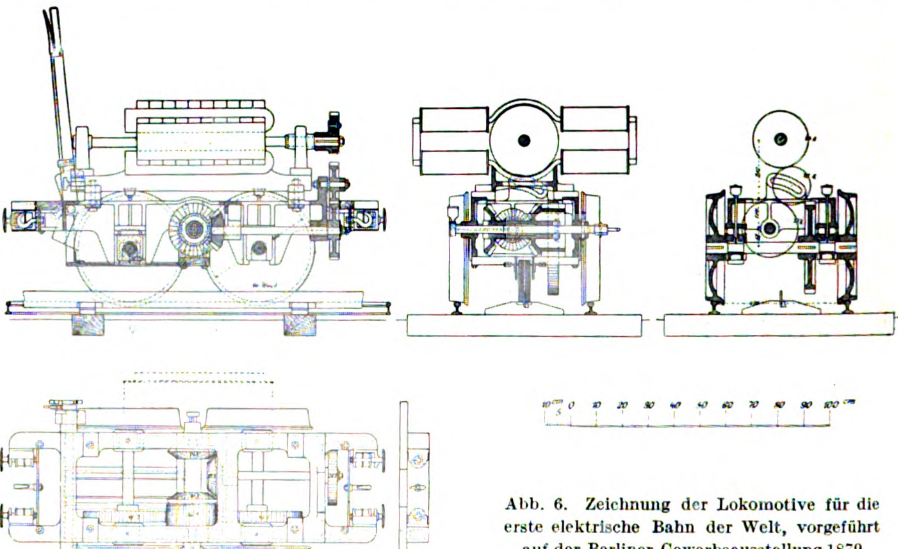


Abb. 6. Zeichnung der Lokomotive für die erste elektrische Bahn der Welt, vorgeführt auf der Berliner Gewerbeausstellung 1879.

Digitized by Google

Lesen wir, was die Nationalzeitung vom 6. 8. 1879 über diesen bescheidenen Anfang des elektrischen Bahnwesens schrieb: „In der Gewerbeausstellung ist vor einigen Tagen die elektrische Eisenbahn von Siemens & Halske eröffnet worden. Der Schienenstrang dieser Bahn durchschneidet das Terrain des Maschinenhofes in doppelter Windung und kehrt in sich selbst zurück. Ein zur Abfahrt fertiger Zug gewährt einen allerliebsten Anblick. Interessant vor allem ist daran die kleine Maschine ohne Schornstein, auf welcher der Lokomotivführer" — und nun spielt der Druckfehlerteufel dem Berichterstatter einen bösen Streich — da steht nämlich: ‚auf welcher der Lokomotivführer rücklings sitzt'; gemeint ist natürlich ‚rittlings'. — „Diese Maschine birgt in ihrem Innern den bewegenden elektrischen Apparat, dessen Konstruktion zurzeit noch ein Geheimnis ist."

Welche Vorstellungen sich das Laienpublikum von einer solchen elektrischen Bahn machte, geht auch aus einem Schreiben hervor, in dem angefragt wird nach dem „elektrischen Eisenbahnapparat", der „auf Rädern läuft und wo oben ein Mann sitzt, der ihn mit einer Feder in Bewegung setzt, aber nicht mit Dampf- oder Handbetrieb."

Die meisten der über 80 000 Personen, die damals eine Rundfahrt mit dem Ausstellungsbähnchen gemacht haben, waren wohl überzeugt, daß es sich hier nur um eine Spielerei gehandelt hat. Wenige Fachleute nur haben geahnt, was sich aus diesem winzigen Anfang entwickeln würde.

Schon die wenigen hier aus der großen Zahl der Ausstellungsgegenstände ausgewählten Beispiele lassen die Bedeutung dieser Schau für die Elektrotechnik erkennen. Erwägt man noch, daß damals auch die ersten brauchbaren Telephone und die ersten Differentiallampen gezeigt wurden, so wird die Ausstellung zu einem Markstein in der Geschichte der Elektrotechnik und zu einer würdigen Vorgängerin der Frankfurter Elektrotechnischen Ausstellung von 1891.

Elektrische Einrichtungen in Futtermitteltrocknungsanlagen.

Von **Hermann Klaus**, Berlin.

DK 621.34 : 631.56

Übersicht. Die Abhandlung gibt einen Überblick über den Aufbau von Futtermitteltrocknungsanlagen und über die dem Elektroingenieur bei der Planung des elektrischen Teiles gestellten Aufgaben.

Die Erfolge, die die Zuckerindustrie schon seit vielen Jahren durch die Trocknung von Zuckerrübenschnitzeln erzielt hat, gaben Veranlassung, alle Zuckerfabriken zu der angestrebten Sicherstellung der Futtermittelwirtschaft Deutschlands durch die Errichtung von mehr oder weniger großen Trocknungsanlagen heranzuziehen, um die in den Zuckerrüben enthaltenen Nährstoffmengen durch künstliche Trocknung zu konservieren und lagerfähig zu machen.

Während man anfangs nur die bereits ausgelaugten Zuckerrübenschnitzel (Diffusionsschnitzel) trocknete, um diese Schnitzel, die immerhin noch gewisse Zucker- und Stärkemengen enthalten, ohne nennenswerte Verluste lagern zu können, trocknet man heute einen Teil der geschnitzelten Zuckerrüben ohne vorherige Diffusion, also mit dem gesamten der Rübe innewohnenden Zuckergehalt (Zuckerschnitzel). Auch die Rübenblätter enthalten wichtige Nährstoffe, was schon daraus hervorgeht, daß im Deutschen Reich allein aus den Rübenblättern jährlich fast 1 Mill dz Eiweiß geerntet werden[1]), so daß es sich wohl lohnt, diese Mengen zu erhalten. Und schließlich sind auch noch eine große Anzahl anderer Grünfutterpflanzen, wie Luzerne, Süßlupinen, Klee usw. so „nahrhaft", daß man nun in großem Stile in allen Gegenden Anlagen errichtet, um die in diesen Pflanzen enthaltenen Nährstoffe durch künstliche Trocknung zu erhalten.

Wo es angängig ist, wird man natürlich diese Aufgabe den Zuckerfabriken übertragen, da dieser Industriezweig bereits über eine große Erfahrung in Trocknungsfragen verfügt. In Gegenden aber, wo keine Zuckerindustrie zu Hause ist oder Zuckerfabriken nur in größeren Abständen vorzufinden sind, wird man wegen der schlechten Transportfähigkeit für die in diesen Gegenden anfallenden Grünfutterpflanzen (Luzerne, Süßlupinen) auch andere Industriezweige (Kartoffelmehl- und Stärkefabriken) für diese Aufgaben heranziehen bzw. die Errichtung größeren Gutsdomänen übertragen, die für einen bestimmten Umkreis die Trocknung der Grünfuttermittel zu übernehmen haben.

Durch die Errichtung neuer oder die Vergrößerung vorhandener Trocknungsanlagen sind allen mit dem Bau derartiger Anlagen beschäftigten Unternehmungen neue Aufgaben gestellt worden. Auch die Elektroindustrie ist sehr stark an diesen Neubauten beteiligt, denn der Bedarf an elektrotechnischem Material ist erheblich, und es entsteht überdies die Aufgabe, durch geeignete Wahl der Antriebe einmal die Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit der Anlagen zu erhöhen und anderseits rohstoffsparend zu bauen.

I. Aufbau einer Trocknungsanlage.

Wir wollen dabei in erster Linie die Trommeltrockner betrachten, bei denen die eigentliche Trocknung in einer waagerecht liegenden, langsam umlaufenden Trommel vor sich geht. Daneben werden auch hauptsächlich für Grünfutter sogenannte Flugtrockner (Rema-Rosintrockner) verwendet. Bei ihnen wird das zerkleinerte Grünfutter mit großer Geschwindigkeit durch ein Rohrsystem getrieben, wobei die Heizgase gleichzeitig zur Förderung des Gutes dienen (Abb. 1).

Das zu trocknende Gut wird erst gewaschen und gelangt dann in die Zerkleinerungsmaschine, die (z. B. für die Rüben) als Rübenschneidmaschine, als Alleszerkleinerer (für Rübenblätter u. a.) oder als Häckselmaschine (Klee, Luzerne) das Gut so weit zerkleinert, wie es für die wirtschaftliche Trocknung notwendig ist. Von der Schneidmaschine gelangt es über Transportbänder, Schnecken oder Elevatoren — manchmal auch durch Druckluftförderer — in die über der Trommel befindliche Zumeß- oder Einführungsschnecke. Diese Maschine hat, wie schon der Name sagt, die Aufgabe, der Trommel eine bestimmte Menge des zu trocknenden Gutes zuzumessen. Die Menge richtet sich nach der Art des Gutes, nach der in der Trommel herrschenden Temperatur u. a. m. Daraus geht schon hervor, daß man hier die Möglichkeit haben muß, möglichst feinstufig durch Drehzahlregelung die Geschwindigkeit der Zumeßschnecke und damit die Fördermenge einstellen zu können. Von der Zumeßschnecke fällt das Gut in die Trockentrommel. Durch die

[1]) Hammer: „Die künstliche Trocknung im Zuckerrübenbau". Techn. i. d. Landw. 17 (1936) H. 12.

Digitized by Google

Trommel werden mittels eines am Ende der Trommel befindlichen Lüfters die Heizgase von der vor der Trommel befindlichen Feuerung gezogen. Gleichzeitig hat der Lüfter die Aufgabe, das Trockengut durch die Trommel zu saugen. Das Gut wird durch die langsame Drehung der Trommel ständig gewendet. Dabei läuft es noch über achsial angeordnete Rieselbleche, so daß die Heizgase von allen Seiten an das Trockengut gelangen können. Das zu trocknende Gut darf nicht zu rasch durch die Trommel wandern, da es sonst den Heizgasen nicht lange genug

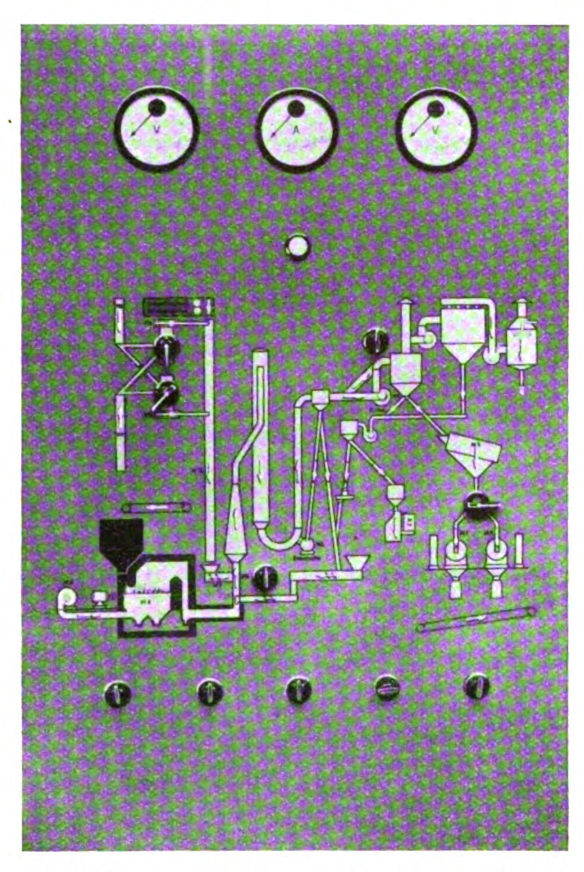


Abb. 1. Leuchtwarte für eine Grünfuttertrocknungsanlage mit Flugtrockner.

ausgesetzt ist und daher die Trocknung unvollkommen wäre. Es darf aber auch in der Trommel nicht still liegen, sondern muß ständig rieseln, da es sonst zu Verbrennungen oder gar zu den so gefürchteten Trommelbränden kommen würde. Aus diesen Forderungen ergeben sich verschiedene Aufgaben, die insbesondere für den Elektrotechniker wichtig sind. Einmal muß die Zahl der Rieselungen und damit die Drehzahl veränderlich sein, wobei die einzustellende Drehzahl abhängig ist von der Art des Trockengutes, von der Temperatur der Heizgase und von der Füllung der Trommel. Ferner ist es insbesondere wichtig, beim Inbetriebsetzen und beim Stillsetzen der Trommel ihre Drehzahl verändern zu können, da z. B. gerade beim Entleeren der Trommel durch die immer kleiner werdende Menge von Trockengut, das sich in der Trommel befindet, eine stetig größer werdende Rieselzahl notwendig ist. Selbstverständlich wird auch eine entsprechende Temperaturregelung damit Hand in Hand gehen müssen, doch ist mit der Drehzahlveränderung die Brandgefahr wesentlich vermindert.

Weiter ergibt sich aus der Forderung, daß die Heizgase nicht auf ruhendes Gut einwirken sollen, die Notwendigkeit, ein Stillstehen der Trommel zu vermeiden. Die Trommel soll also möglichst immer in Bewegung sein. Bleibt sie doch einmal stehen, so muß vor allem auch der Lüfter sofort stehen bleiben, um ein weiteres Durchsaugen der Heizgase zu verhindern. Dieser Punkt wird bei der später noch zu beschreibenden elektrischen Steuerung der Anlage zu beachten sein.

Aus der Trockentrommel gelangt dann das bereits fertig getrocknete Gut in die sogenannte Auszugsschnecke, meist eine nur kurze Schnecke am hinteren Ende der Trommel, die das Trockengut auf einen Elevator bringt. Von dort kommt das Gut, vielfach über eine Zwischenschnecke in die Kühltrommel, um dort auf eine lagerfähige Temperatur gebracht zu werden. Es braucht aber nicht jedes Gut durch die Kühltrommel zu gehen, sondern nur das Gut, bei dem eine besondere Gefahr der Selbstentzündung besteht. So müssen z. B. Zuckerschnitzel, die also vorher nicht ausgelaugt wurden, durch die Kühltrommel gehen, während die Diffusionsschnitzel vom Elevator unmittelbar auf die Absackschnecke kommen können.

Von der Kühltrommel fällt die Ware entweder auf die Absackschnecke, um dort in Säcke gefüllt zu werden, oder wird über verschiedene Transportbänder, durch Saug- bzw. Druckförderer lose in den Speicherraum gebracht.

Beim Lagern des Trockengutes ist Vorsicht geboten. Denn das Trockengut hat in hohem Maße — ähnlich wie die Kohle — Neigung zur Selbstentzündung, besonders wenn der Grad der Trockenheit zu niedrig ist. Die handelsübliche Ware soll bis zu 88 % getrocknet werden, also maximal noch 12 % Wasser enthalten. Da aber bei dieser Feuchtigkeit immerhin noch die Gefahr der Selbstentzündung besteht, so gehen viele Fabriken mit dem Wassergehalt bis auf 9 bis 10 % und weniger zurück. Es ist natürlich eine genaue Beobachtung des Lagerraumes notwendig. Man hat zwar vorgeschlagen, durch Temperaturfühler die Wärmeentwicklung zu beobachten, durch besonders sinnreiche Anordnungen einer ganzen Reihe solcher auf eine Signalanlage arbeitender Temperaturfühler eine schnelle Auffindung eines etwaigen Brandherdes zu ermöglichen, doch sind die Kosten dieser Anlage immerhin erheblich, und es ist oft schwierig, bei den großen Lagerräumen und der großen Lagerungshöhe an den Brandherd heranzukommen, so daß von den Zuckerfabriken hier der Weg beschritten wird, die Selbstentzündungsgefahr durch bessere Trocknung zu umgehen.

Sehr von Vorteil wäre es, wenn man mit einer nicht zu teueren Einrichtung rasch und sicher den Grad der Trockenheit der Zuckerschnitzel bestimmen könnte, da dann der Leiter der Trocknung jeweils sofort bestimmen könnte, ob sein Gut trocken genug ist. Man hat sich sehr bemüht, ein halbwegs anwendbares Schnellverfahren zu finden. Das anfangs als zweckmäßig angesehene Verfahren, den Feuchtigkeitsgehalt als Funktion der elektrischen Leitfähigkeit zu messen, scheiterte an der Tatsache, daß die Leitfähigkeit nicht nur vom Wassergehalt, sondern auch von den in den Zuckerschnitzeln enthaltenen Salzen abhängt.

Die vorstehende Beschreibung der Technologie einer Trocknung wurde deswegen so ausführlich gegeben, da der Elektroingenieur zur Erstellung einer betriebssicheren Anlage unbedingt die technologischen Erfordernisse kennen muß. Nur dann kann er den richtigen Antriebsmotor, die zweckmäßigsten Schaltgeräte und übersichtlichste Steuerung der Anlage wählen.

II. Wahl der Motoren.

a) Bauart.

Für die Wahl der Motoren hinsichtlich der Bauart ist vor allem der Umstand maßgebend, daß in jeder Trocknung viel Staub auftritt, der sogar explosionsgefährlich ist. Man wird also hier von selbst den geschlossenen, oberflächengekühlten Motor wählen oder aber, wo dies möglich ist, den gekapselten Motor mit Fremdbelüftung. Auch in dem vorderen Teil der Trocknung, wo die Staubbildung noch nicht so groß ist, wird man der Einheitlichkeit halber den geschlossenen Motor mit Oberflächenkühlung verwenden.

Digitized by Google

b) Läuferart.

Da in den Zuckerfabriken meist eine eigene Zentrale vorhanden ist und die Leistungen der Motoren nicht allzugroß sind, wird man in der Regel einen Kurzschlußläufermotor einsetzen, mit Ausnahme der drei im folgenden noch näher zu beschreibenden Antriebe. Das Anlaufmoment der Wirbelstromläufermotoren reicht vollkommen aus, um alle in Frage kommenden Arbeitsmaschinen in Gang zu bringen, auch dann, wenn auf die vollbelastete Maschine angefahren wird, d. h. die Gegenmomente der Arbeitsmaschine liegen immer unter dem 1,5- bis 1,8fachen Nennmoment der Motoren.

Bei der Rübenschneidemaschine wird in einigen Fällen allerdings das 2- bis 2,5fache Nennmoment als Anlaufmoment gefordert. Es wird behauptet, daß dann, wenn nach einer vorübergehenden Betriebsstörung die Schneidemaschine mit Rüben angefüllt ist, das normale Anlaufmoment des Motors zu klein ist, um das durch die Stauung der Rüben gebildete Gegenmoment zu überwinden. In den meisten Fällen wurde jedoch der normale Wirbelstromläufer verwendet, ohne daß sich irgendwelche Schwierigkeiten zeigten. Wird trotzdem ein höheres Anfahrmoment verlangt, so käme dann ein Spezial-Doppelstabläufer für Schweranlauf und direktes Einschalten in Frage.

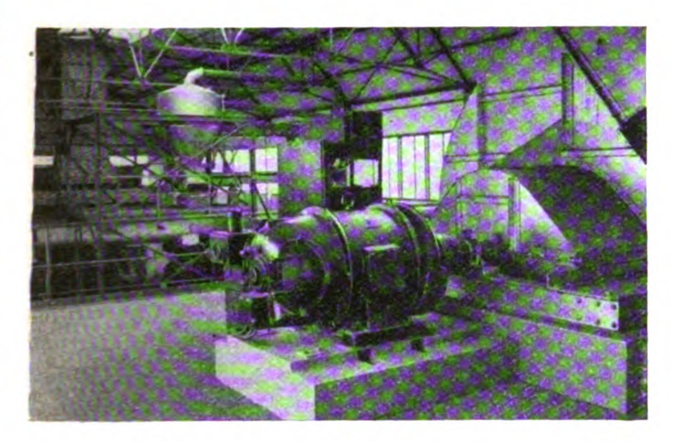


Abb. 2. Antrieb des Trommellüfters mit Schleifringmotor und 10 % Drehzahlregelung.

Auch von dem Trommellüftermotor wird manchmal eine Regelbarkeit in mäßigen Grenzen (10 %) verlangt. Hier wird dann ein Schleifringläufermotor gewählt (Abb. 2) oder ein Keilriementrieb verwendet und bei Drehzahländerung eine andere Keilriemenscheibe aufgesetzt.

c) Getriebemotor.

Fast alle Arbeitsmaschinen einer Schnitzeltrocknungsanlage haben niedrige Drehzahlen, so daß der Getriebemotor hier ein weites Anwendungsgebiet hat. Dabei wird sich die Drehzahl durch verständige Zusammenarbeit mit den Maschinenfabriken meist so wählen lassen, daß sie für die meisten Arbeitsmaschinen gleich ist. Es können also vielfach gleiche Typen vorgesehen werden, so daß die Reservehaltung einfach ist. Im Sinne einer neuzeitlichen Antriebstechnik ist es auch erforderlich, daß selbst bei ganz niedrigen Drehzahlen, wie z. B. bei der Zumeßschnecke ($n_2 = 18$ U/min und weniger), der Getriebemotor unmittelbar auf diese Drehzahl übersetzt wird, so daß er also ohne Zwischenschaltung weiterer offener Zahnräder oder gar Riemen mit der Welle der Arbeitsmaschine gekuppelt werden kann (Abb. 3). Diese Bauweise muß in allen Fällen mit größtem Nachdruck durchgesetzt werden, denn es ist widersinnig, an ein hochwertiges Getriebe mit 98 bis 99 % Wirkungsgrad noch offene Zahnradübersetzungen oder gar Riementriebe mit schlechtem Wirkungsgrad anzusetzen. Abgesehen von der Lebensgefahr, die solche offenen Triebe mit sich bringen, ist zu beachten, daß durch die notwendigen Zwischenlager, größere Grundplatten, größere Gewichte usw. mehr Rohstoffe gebraucht werden, was, selbst wenn dadurch der Preis höher würde, vermieden werden sollte. Denn es darf heute nicht mehr allein der niedrigste Preis zur Richtlinie der Planung gemacht werden, sondern die Betriebssicherheit und die Einsparung von Eisen.

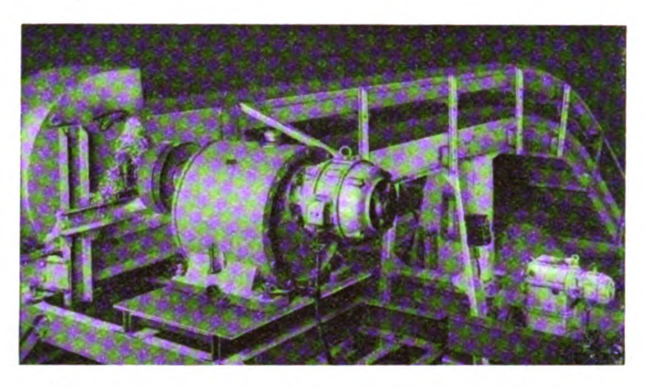


Abb. 3. Antrieb eines Rücklauftransporteurs mit Getriebemotor.

Oben wurde bereits erwähnt, daß für die Trockentrommel und die Zumeßschnecke feinstufige Regelung verlangt wird. Für den Antrieb dieser Maschinen ist daher der Drehstrom-Kommutatormotor mit Nebenschlußcharakteristik am Platze, wobei der Regelbereich für die Trommel mit 1 : 3, für die Zumeßschnecke mit 1 : 6 zu wählen ist (Abb. 4). Der große Vorteil dieser Motoren gegenüber den häufig noch benutzten Regelgetrieben besteht neben dem kleineren Platzbedarf hauptsächlich in der leichten, verlustlosen und fast verschleißlosen Regelbarkeit und der Fernsteuerung, so daß die Drehzahl vom Heizerstand aus bequem auf die notwendige Höhe eingestellt werden kann. Diese Motoren sollen möglichst in

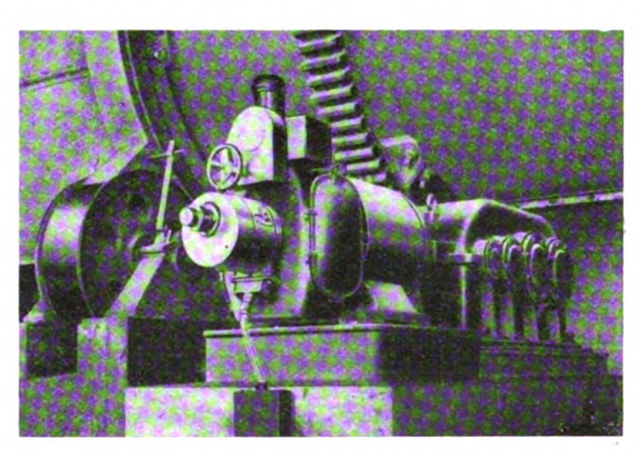


Abb. 4. Antrieb der Trockentrommel mit Drehstrom-Kommutatormotor, regelbar 1 : 3, ferngesteuert.

vollkommen geschlossener Ausführung gehalten sein, doch kann auch die ventiliert geschützte Form gewählt werden, wenn Frischluftzufuhr von außen (Rohranschluß) möglich ist.

III. Steuerung.

Ebenso wie für die richtige Auswahl der Antriebsmotoren der einzelnen Arbeitsmaschinen die genaue Kenntnis des technologischen Arbeitsvorganges Voraussetzung ist, muß auch bei der Schaffung der richtigen Steuerung auf die einzelnen Arbeitsgänge Rücksicht genommen werden. Es wurde bereits erwähnt, daß in der Trocknung sehr viele Transportmittel aufeinander folgen. Es muß also dafür gesorgt werden, daß bei Ausfall eines Transportmittels durch irgendeine Störung ein weiterer Zufluß von Material zu der gestörten Stelle vermieden

Digitized by Google

wird, um Stauungen zu verhindern, während der Abtransport des bis dahin bereits gelangten Gutes ungehindert vonstatten gehen soll. Fällt also z. B. der Trockengutelevator durch Überlastung oder eine sonstige Störung aus, so sollen die davorliegenden Arbeitsmaschinen ebenfalls ausfallen, die dahinterliegenden jedoch weiterlaufen. Es werden zu diesem Zwecke die Schütze der einzelnen Motoren so geschaltet, daß die Schützspulen eines Schützes über die Hilfskontakte des im Arbeitswege dahinterliegenden Schützes geführt werden. Die Folge davon ist, daß man beim Einschalten der Anlage in umgekehrter Richtung einschalten muß, also von rückwärts nach vorn (Staffelschaltung). Diese Schaltung ist in vielen anderen Anlagen, so z. B. in Speichern, vielfach angewendet worden und hat ihren Zweck voll erreicht.

Anderseits darf man natürlich mit Rücksicht auf den empfindlichsten Teil einer Schnitzeltrocknungsanlage — die Trommel — diese Verriegelung nicht zu weit treiben.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß das zu trocknende Gut in der Trommel in Bewegung sein muß, solange die heißen Gase durch die Trommel gehen. Bleibt daher die Trommel aus irgendeinem Grunde stehen, so muß zuerst einmal dafür gesorgt werden, daß durch Abschalten des Trommellüfters, der ja die heißen Gase durch die Trommel zieht, ein weiteres Zuströmen der Gase verhindert wird. Schaltet also das Schütz des Trommelmotors aus, so muß gleichzeitig auch das Schütz des Lüfters ausfallen und dadurch der Ventilatormotor abgeschaltet werden.

Schaltet sich dagegen umgekehrt der Lüftermotor aus irgendeinem Grunde zuerst ab, so kann die Trommel ruhig weiterlaufen, denn dann besteht für das in der Trommel befindliche Gut keine Gefahr. Und doch ist es zweckmäßig, wenn durch ein Hupensignal der Arbeiter auf die Störung aufmerksam gemacht wird, abgesehen davon, daß ja in dem eventuell vorhandenen Leuchtbild durch das Verlöschen des zugehörigen Symbols bereits eine Meldung über die vorhandene Störung erfolgt ist. Ebenfalls ist es notwendig, daß, wenn die Trommel stehen bleibt und somit zwangsläufig auch der Ventilator, der Darreführer auf diesen gefährlichen Moment durch ein Signal aufmerksam gemacht wird, damit er auch, wenn es notwendig ist, die Feuerungsklappen verschließen kann.

Ein weiteres Gefahrenmoment könnte dadurch entstehen, daß bei Ausfall der Zumeßschnecke der Trommel zu wenig Gut zugeführt wird. Bei länger andauernder Störung würde dann die Füllung der Trommel immer geringer werden. Die heißen Gase würden daher auf eine geringere Menge des zu trocknenden Gutes stoßen und dieses verbrennen. Es müßte also auch hier Vorsorge getroffen werden, daß entweder bei länger andauerndem Ausfall der Zumeßschnecke der Trommellüfter abgeschaltet oder der Darreführer durch ein Signal auf die Störung aufmerksam gemacht wird. Allen diesen Forderungen kann durch die Anwendung der bereits erwähnten und bekannten Staffelschaltung in einfacher Weise entsprochen werden.

Zur zentralen Überwachung und Steuerung einer solchen Anlage fanden in den letzten Jahren die Leuchtwarten, die als freistehende offene oder geschlossene Schaltschränke ausgebildet werden und in denen alle Schütze und Meßinstrumente untergebracht sind, immer mehr Eingang. In diese Leuchtwarten werden auch die Betätigungsschalter eingebaut, mit denen die gesamte Anlage in der vorher beschriebenen Weise eingeschaltet werden kann. Abb. 1 zeigt den Aufbau einer solchen Anlage. Das Arbeitsdiagramm wird auf die Frontplatte aufgemalt. Die einzelnen Arbeitsmaschinensymbole erhalten richtungweisende Zellonpfeile eingepreßt, die den Lauf des Fördergutes erkennen lassen. Soweit Verstellorgane im Zuge des Förderweges die Möglichkeit geben sollen, verschiedene Wege für das zu fördernde Gut einzustellen, werden diese durch Wählerschalter erfaßt. Mit dem Wählerschalter wird der zu fahrende Weg ausgewählt, während die Verstellung der Umstellklappen selbst von Hand geschieht. Steht dann die Klappe des Wählerschalters in der gleichen Richtung, dann leuchtet der entsprechende Pfeil in Ruhelicht auf, und die Weiterschaltung kann erfolgen. Steht aber die Klappe falsch, dann wird der Bedienungsmann durch Flackerlicht hierauf aufmerkam gemacht, außerdem ist eine weitere Einschaltung von Motoren verhindert.

Abb. 5. Steuerschalter.

Nun ist aber insbesondere beim Einfahren der Anlage notwendig, daß jede Maschine für sich und unabhängig von einer anderen läuft. Diese Einschaltung kann durch besondere, meist in der Nähe der Motoren angeordnete Schalter erfolgen (Abb. 5). Diese Schalter haben Stellungen mit Aufschrift „Staffel“, „Aus“, „Einzeln“. In der Stellung „Staffel“ können die Motoren nur in Abhängigkeit voneinander durch die vorerwähnten Betätigungsschalter angefahren werden, während in der Stellung „Einzeln“ die Motoren aus der Abhängigkeitsschaltung herausgenommen und an Ort und Stelle, also an den Arbeitsmaschinen einzeln geschaltet werden können.

In der Leuchtwarte werden meist auch die Drehzahl-Meßinstrumente untergebracht, die die Drehzahl der Trommel und der Zumeßschnecke anzeigen. Unterhalb dieser Instrumente werden die entsprechenden Drehzahlverstellschalter befestigt, so daß die Antriebsmotoren für die Trommel und für die Zumeßschnecke ebenfalls zentral von dieser Warte aus gesteuert und geregelt werden können. Die Leuchtwarte hat in der Zuckerindustrie durch ihre Übersichtlichkeit und durch ihre einfache und fehlerausschließende Inbetriebnahme immer mehr Anklang gefunden.

Die Elektrotechnik hat also auch im vorliegenden Falle die Möglichkeit, durch eine bestimmte Wahl der anzuwendenden Maschinen und Apparate einmal die Betriebssicherheit und die Übersichtlichkeit einer solchen Anlage zu erhöhen, anderseits auch durch eine rohstoffsparende Bauweise mitzuhelfen an den uns im Rahmen des Vierjahresplanes gestellten Aufgaben. Es darf unter diesen Umständen bei der Planung und Errichtung einer solchen Anlage nicht immer der Preis ausschlaggebend sein, sondern der zu erreichende Zweck. Die Maschinen- und Elektroingenieure haben es in der Hand, durch innige Zusammenarbeit die Erreichung dieses Zweckes zu erleichtern.

Zusammenfassung.

Es ergibt sich aus dem vorstehend Gesagten, daß der Elektroingenieur bei der Planung des elektrischen Teiles für eine Trocknungsanlage durch die richtige Wahl von Motoren und Apparaten auf die Erhöhung der Betriebssicherheit und die Vermeidung von Trommel- und Schnitzelbränden zu achten hat. Es seien folgende wichtige Punkte wiederholt:

1. Antrieb der Zumeßschnecke und der Trockentrommel durch einen feinstufig verlustlos regelbaren Motor (Drehstrom-Kommutatormotor).
2. Anwendung der Verriegelungs- und Staffelschaltung bei der Steuerung der Anlage.
3. Anwendung von Rückmeldetafeln zur besseren Übersicht der Anlage.

Digitized by Google

Feuchtigkeitseinwirkungen bei Freileitungen.

Von P. Perlick VDE, Hannover.

DK 620.19 : 621.315.1

Übersicht. Gegenüber den elektrischen Innenanlagen sind die Freiluftanlagen durch das Hinzukommen von Feuchtigkeit, Staub und Industriegasen weit mehr dem Verderb ausgesetzt. Es werden diese Einflüsse, und zwar insbesondere die Feuchtigkeitseinwirkungen besprochen, und anschließend wird auf die heute möglichen Gegenmaßnahmen im Sinne einer Vermeidung ausländischer Rohstoffe, einer Erhöhung der Sicherheit und einer Herabsetzung der jährlichen Unterhaltungskosten eingegangen.

Die Anlagekosten der Freileitungen, angefangen von den Höchstspannungsleitungen bis hinab zu den Ortsnetzleitungen, machen in großen Überlandversorgungen[1]) über 50 % der gesamten Kosten aus. Der Anteil der Freileitungen an den jährlichen Unterhaltungskosten eines Überlandwerkbetriebes ist noch wesentlich größer, da die Leitungen in hohem Grade dem Angriff der Witterung ausgesetzt sind.

Seile.

Aluminiumseile. Das aktive Glied der Freileitungen sind die Seile. An Stelle der Kupferseile, die eine außerordentlich hohe Korrosionsbeständigkeit aufweisen, werden seit einer Reihe von Jahren in Deutschland wie auch in andern Ländern Reinaluminium- und Stahlaluminiumseile eingebaut. Das älteste Aluminiumseil wurde bereits im Jahre 1899 verlegt und ist heute noch, ohne besonders starke Korrosionserscheinungen, in Betrieb. Anderseits ist vornehmlich während der Inflationszeit eine größere Anzahl Aluminiumseile eingebaut worden, die durch Korrosionserscheinungen derart zerstört wurden, daß sie ausgebaut werden mußten. Diese Korrosionserscheinungen können folgende Ursachen haben:

1. In die Oberfläche eingedrungene fremde Metallflitter bilden bei Hinzutritt von Feuchtigkeit zusammen mit dem Grundstoff Aluminium örtliche Elemente, die starke Zerstörung anrichten können, insbesondere wenn wie z. B. bei Kupfer die Potentialdifferenz groß ist.

2. Örtliche Elemente bilden sich auch dann, wenn aus der Aluminiummasse ausgeschiedene Beimengungen[2]), wie z. B. $FeAl_3$, $Al_6Fe_2Si_3$, Si, an die Oberfläche des Seiles zutage treten und gleichzeitig Feuchtigkeit vorhanden ist.

3. Durch mechanische Verletzungen, welche die natürliche Oxydhaut verletzen und dem Wasser besseren Halt und bessere Angriffsflächen bieten.

Durch Abtrennung der Aluminiumverarbeitung lassen sich fremde Metallflitter weitestgehend vermeiden. Muß das Walzen jedoch auf Straßen vorgenommen werden, auf denen auch andere Metalle, z. B. Kupfer, gewalzt werden, so ist vor dem Ziehen ein Beizprozeß einzuschalten.

Die Ausscheidungen aus der Aluminiummasse, insbesondere die von Silizium, können wesentlich unterdrückt werden, wenn das Zwischenglühen beim Walzen in einen Temperaturbereich verlegt wird, in welchem das Silizium und, wenn möglich, auch die anderen Bestandteile weitestgehend in Lösung gehen. Je reiner das Aluminium ist, desto weniger sind die Ausscheidungen möglich, um so geringer wird die Neigung zu örtlichen Elementen und desto größer ist die Lebensdauer. Für Leitungsaluminium wird daher heute eine Mindestreinheit von 99,5 % vorgeschrieben.

In der letzten Zeit ist es außerdem durch die sogenannte Raffinations-Elektrolyse[3]) gelungen, Aluminium mit einer Reinheit von 99,995 % zu erzielen. Hier sind an Verunreinigungen nur noch Spuren von Fe und Si vorhanden, der Reinheitsgrad ist höher als der von Elektrolytkupfer. Die Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion ist eine hervorragende, die Leitfähigkeit wurde zu 40,6 $m/\Omega \cdot mm^2$ gegenüber 35,2 bei dem handelsüblichen Leitungsaluminium ermittelt. Die geringe Festigkeit und die Weichheit des Raffinationsaluminiums läßt jedoch seine Verwendung nur bei Stahlaluminiumseil möglich erscheinen.

Trotz der vorgeschriebenen hohen Reinheit des Aluminiums sind auch heute noch, meistens infolge von Fehlern in der Verarbeitung, erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Korrosionsfestigkeit bei den Seillieferungen festzustellen. Es empfiehlt sich daher, mit den gelieferten Seilen Schnellkorrosionsversuche anzustellen. Diese können mit Aluminium-Drahtstücken bestimmter Oberfläche in 4%iger Salzsäurelösung bzw. in 4 % Natronlaugelösung in Reagenzgläsern vorgenommen werden. Hierbei ist es zweckmäßig, den Temperaturverlauf in Abhängigkeit der Zeit zu bestimmen[4]). Schlechte Drähte weisen gegenüber guten einen sehr starken Temperaturanstieg auf. Überschlägige Vergleichsversuche[5]) können auch in einfacher Weise derart durchgeführt werden, daß Drahtstücke verschiedener Fabrikationen in Leitungswasser mit einem Zusatz von 3 % Kochsalz und 0,1 % Wasserstoffsuperoxyd eingesetzt werden (Abb. 1).

Abb. 1. Schnellkorrosionsversuch mit Aluminiumdrähten.

Einwandfreie Drahtstücke sind auch nach 24 Stunden frei von jeglicher Bedeckung, Drahtstücke mit Kupferflitter oder mit rauher Oberfläche haben einen mehr oder weniger starken Belag. Die Größe des Belages kann als Wertmaßstab benutzt werden. Bei wiederholt durchgeführten Versuchen zeigte sich, daß die gepreßten Aluminiumdrähte im Gegensatz zu den aus Walzmaterial hergestellten wesentlich besser der Korrosion Widerstand leisten. Das beruht darauf, daß beim Preßvorgang die Oberfläche stark verdichtet und geglättet wird. Anderseits weisen auch die auf Kupferwalzenstraßen gewalzten und dann gebeizten Drähte schlechtere Ergebnisse auf als die auf getrennten Aluminiumstraßen gewalzten Drähte. Der Unterschied ist auf die durch das Beizen aufgerauhte Oberfläche zurückzuführen.

Aldreyseile. Die Seile aus Aluminiumlegierungen können der Korrosion stärker ausgesetzt sein, da bei zu grober Körnung des Materials eine Bildung von Lokalelementen — infolge der größeren Anzahl von fremden Bestandteilen — viel eher einsetzen kann. Der typische Vertreter der Seile aus Aluminiumlegierung ist das Aldreyseil. Es besteht aus Aluminium mit einem Gehalt von 0,5 % Mg, 0,5 % Si, 0,3 % Fe.

[1]) W. Zschintsch, Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) S. 903.
[2]) H. Röhrig, Korrosion u. Metallsch. 9 (1933) S. 333 und Werkstoffhandbuch, G 5, VDI-Verlag.
[3]) R. Gaucan, Aluminium 18 (1936) S. 14.
[4]) P. Perlick, ETZ 48 (1936) S. 1398.
[5]) P. Perlick, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 29.

Digitized by Google

Stahlaluminiumseile. Das Aldreyseil und auch die Reinaluminiumseile werden heute durch das Stahlaluminiumseil weitgehend verdrängt. Bei Stahlaluminiumseilen wird der Luft- und Wasserzutritt zu den Stahldrähten und damit das Verrosten ziemlich sicher durch die darüberliegenden Aluminiumdrähte verhindert. Die verzinkten Stahldrähte sehen daher auch nach längerer Zeit noch vollkommen blank aus.

Stahlseile. Als Ersatz für Kupferleitung ist bei sehr geringer Belastung bei Überlandnetzen auch in der neueren Zeit wiederholt verzinktes Stahlseil genommen worden. Stahlseil kommt weiterhin auch vielfach als Erdseil zur Anwendung. Verzinktes Stahlseil hat im allgemeinen nur eine geringe Lebensdauer (15 bis 25 Jahre), da die Oberfläche im Verhältnis zum Drahtquerschnitt sehr groß ist und Wasser sich zwischen den Drähten recht gut festhalten kann. Die Lebensdauer kann verlängert werden, wenn das Stahlseil mit etwa 0,2 % Kupferzusatz hergestellt wird. Die Schutzwirkung der Kupferbeimengung besteht darin, daß beim Oxydieren des Eisens sich allmählich eine absperrende Schutzschicht aus Kupferoxyd bildet.

Rostendes Stahlseil bewirkt, wie die Erfahrung zeigt, mit der Zunahme der Verrostung eine starke Querschnittszunahme. Dadurch erfolgt eine Seilverkürzung und wiederum eine Erhöhung der Zugspannung im Seil. Dieses bewirkt, daß das Stahlseil in der verrosteten Form einer weit höheren Zugspannung ausgesetzt ist. Auch bei kleineren Übertragungsleistungen ist es daher zweckmäßig, statt Stahlseile Stahlaluminiumseile einzubauen, die heute bis zu 16 mm² Querschnitt hergestellt werden und ein vorzügliches Mittel für derartige Zwecke abgeben.

In neuerer Zeit sind Versuche unternommen worden, an Stelle von verzinkten Stahldrähten solche mit Aluminiumauflage zu benutzen. Hierzu muß, um eine hohe Korrosionsbeständigkeit zu erreichen, Raffinations-Aluminium genommen werden.

Ein gutes Mittel zur Verlängerung der Korrosionsbeständigkeit aller Seile ist, wie eingehende Versuche[6]) zeigten, ein ausreichendes F e t t e n der Seile. Vorbedingung ist jedoch, daß einwandfreies Fett genommen wird. Hierzu eignet sich für Aluminium- und Stahlaluminiumseile das Aluminium-Schutzfett Nr. 856.

Aluminiumverbindungen. Der Übergang des Stromes von einem Seil zum anderen — also in einer Verbindungsstelle — kann nur durch die Außenschichten der jeweiligen Seile erfolgen, und da gerade die Außenschichten der Korrosion ausgesetzt sind, so treten hier die Schwierigkeiten am schärfsten zutage, und zwar insbesondere dann, wenn die Oxydschichten, wie z. B. beim Aluminium, nichtleitend sind. Sie zeigen sich in einer dauernden Zunahme des Klemmenwiderstandes und damit der Temperatur, bis schließlich die Klemme vollends ausglüht. Diese Korrosionserscheinungen treten vornehmlich dann auf, wenn das Wasser Gelegenheit hat, längere Zeit in der Klemme oder an dem Seil zu stehen. Die Klemmen müssen daher entweder so ausgebildet werden, daß ein Trocknen der Klemmen nach dem Regenfall leicht stattfinden kann — sie müssen also sehr luftig gebaut sein oder sie müssen so hergestellt werden, daß das Wasser und die Luft möglichst keinen Zutritt zur Klemmstelle haben, d. h. sie müssen möglichst geschlossen gebaut werden. Da die Übertragung einer bestimmten Stromstärke gewisse Auflageflächen für das Aluminium erforderlich macht und anderseits das Aluminium infolge seiner Weichheit dem Klemmendruck gern ausweicht, ist der Bau einer stark luftumspülten Klemme recht schwierig und bisher in einem vollendeten Maße noch nicht gelungen.

Demgegenüber haben sich die älteren Vertreter der geschlossenen Klemmen — die K e r b -[7]) und P r e ß - v e r b i n d e r — seit über zwei Jahrzehnten gut bewährt. Auf die lösbaren Klemmenverbinder hat man die gleichen Konstruktionsgrundsätze neuerdings ebenfalls in steigendem Maße angewandt. Als Beispiel hierfür seien die Deckelklemmen genannt, die sich durch eine hermetische Umschließung der Verbindungsstelle, einem scharfen Anpreßdruck, große Stromübergangsflächen und gute Haftmöglichkeit des Fettes auszeichnen.

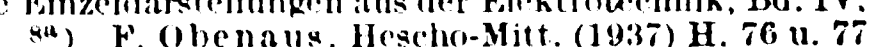
Aluminiumkupferklemmen. Wesentlich schwieriger sind die Klemmverbindungen dann, wenn Aluminium- und Kupferseile zusammen verbunden werden sollen, da bei Vorhandensein von Feuchtigkeit ein außerordentlich starkes Element entstehen kann, wobei das unedlere Aluminium in kurzer Zeit zerstört wird. Bei den älteren Kupferaluminiumverbindern hat man die Trennfuge der beiden Metalle mit einem Lack- bzw. Bitumenanstrich überzogen; dies erwies sich jedoch nicht als ausreichend. Man ist daher in neuerer Zeit dazu übergegangen, die Trennstellen in Kunststoff einzubetten. Ein Hersteller ist neuerdings so weit gegangen, die gesamte Klemme aus wetterfestem Kunststoff herzustellen; nur die Kontaktbahnen bestehen aus Aluminium bzw. Kupfer. Die Verbindung der beiden Metalle erfolgt unter Luftabschluß im Innern der Kunststoffklemme. Bei allen Klemmen ist es eine Selbstverständlichkeit, durch die Formgebung den Wasserzufluß zu verhindern, d. h. z. B. bei Kabelschuhen muß der Klemmenteil, der das Seil innen aufnimmt, schräg angeordnet werden, so daß das Wasser leicht ablaufen kann.

Bei Aluminium - G u ß k l e m m e n zeigen Versuche, daß hier stärkere Korrosionserscheinungen auftreten als bei gewalzten Teilen. Da im allgemeinen die Gußhaut einen recht korrosionsbeständigen Schutz darstellt, so scheint dies darin begründet zu sein, daß für die Gußlegierung oft nicht genügend kupferfreies Material verwandt wird.

Die hermetische Abdichtung der Klemmen gegen Luft und Wasser wird durch eine ausreichende F e t t u n g stark unterstützt. Das Fett muß säurefrei und regenbeständig sein und darf nicht mit der Zeit rissig werden. Schlechtes Fett kann durch die Zersetzungsprodukte die Seilverbinder — statt zu schützen — noch stärker angreifen. Aluminiumschutzfett wird für die Seil- und Klemmenfettung bevorzugt genommen, da es säurefrei ist und nicht rissig wird. Ein Nachteil ist, daß der Tropfpunkt schon bei 50 °C liegt, während dagegen Calypsol einen wesentlich höheren Tropfpunkt aufweist, aber dafür zu Rißbildung und Zersetzung neigt. Da im Sonnenschein die Seile weit höhere Temperaturen annehmen, tropft Aluminiumschutzfett sehr stark, und es wäre sehr wünschenswert, wenn ein temperaturfesteres, jedoch ebenso säurefreies Fett, von der Industrie gefunden wird.

Isolatoren.

Für die Verbindung mehrteiliger Stützenisolatoren und die Befestigung der Klöppel in Hängeisolatoren wurde in den ersten Jahren der Isolatorentechnik fast ausschließlich Kitt als Verbindungs- und Füllmaterial genommen, und zwar in Deutschland zunächst Bleiglätteglyzerin- und Marmorzement-Kitte. Die erstgenannten wirkten jedoch stark treibend[8]), die letzteren weisen eine zu geringe Eigenfestigkeit auf, und beide zersetzen sich allmählich unter der Einwirkung von Luft und Wasser. Man ging dann zur Zementkittung über. Der Zementkitt vergrößert jedoch bei Aufnahme von Wasser sein Volumen[8a]), sprengt dadurch das Porzellan und leitet so den Durchschlag ein (s. Abb. 2). Diese nachteilige Wirkung des Zementkittes kann dadurch eingeschränkt werden, daß der Zementkitt durch zusätzliche Stoffe wie gemahlene Porzellanscherben und Sand gemagert wird, ferner dadurch, daß die Kittstärke auf ein Mindestmaß verringert



[6]) P. Behrens, Aluminium 17 (1935) S. 305 und 19 (1937) S. 318.

[7]) J. Nefzger, ETZ 57 (1936) S. 1394 u. P. Perlick, ETZ 57 (1936) S. 1398.

[8]) W. Weicker, Zur Geschichte des Freileitungsisolators. Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik, Bd. IV, Berlin 1932.

[8a]) F. Obenaus, Hescho-Mitt. (1937) H. 76 u. 77.

Digitized by Google

wird und nachgiebige Schichten zwischen Porzellan und Kitt eingebracht werden. Die genannten Vorsichtsmaßnahmen bei der Kittung sind insbesondere dann zu beachten, wenn es sich um Innenkittung handelt, d. h. wenn der Kitt innerhalb des Porzellanscherbens angebracht ist. Außenkittung, d. h. Kittung auf dem Porzellan, wie z. B. die Außenkittung von Kappen, ist nicht so empfindlich, weil beim Aufquellen des Zementes durch Wasseraufnahme auf das Porzellan nur Druckspannungen ausgeübt werden, die nicht so gefährlich sind, wie die zusätzlichen Zug- und Biegespannungen bei Innenkittungen. Da neuerdings die Verwendung gebleiter Isolatoren nicht gestattet ist, so gewinnt die Kittung wieder größere Bedeutung. Gekittete Isolatoren, bei denen genannte Maßnahmen beachtet wurden, haben bereits eine Bewährungszeit von etwa 20 Jahren[8]) u. [8a]) hinter sich.

Abb. 2. Durchschlagener gekitteter Stützenisolator.

Beim Porzellan selbst kann die Glasur zum Scherben nicht abgestimmt sein, dann wird die Glasur unter dem Einfluß von Temperaturschwankungen rissig. Weiterhin kann auch das Porzellan porös sein. Das eindringende Wasser gefriert dann unter Umständen im Winter und sprengt das Porzellan. Bei starker Porosität saugt sich das Porzellan wie ein Schwamm voll Wasser, und der Durchschlag erfolgt schon bei geringer Überspannung. Durch sorgfältige Fabrikationsüberwachungen und Abnahmen (Temperatursturz-, Fuchsinprobe usw.) lassen sich die Fehler eingrenzen.

Eisenteile, insbesondere Eisengittermaste.

In tragenden Konstruktionen — seien es Masten, Traversen, Isolatorenstützen, Isolatorenkappen, Klemmkörper usw. — wird Eisen in vielfacher Form benutzt. Alle diese Teile sind der Witterung in höchstem Maße ausgesetzt und damit gleichzeitig der Korrosion. Die Korrosion erfolgt auch hier bei Zutritt von Wasser durch die Bildung von Lokalelementen. Die entstehende Rostschicht beschleunigt außerdem den Vorgang, da sie gegenüber Eisen ein höheres elektrochemisches Potential besitzt und mit dem umgebenden Eisen ein kurzgeschlossenes galvanisches Element bildet, wobei das unedlere Eisen immer weiter zerstört wird. Die Rostschicht ist infolge Volumenänderungen[9]) stark mit Rissen durchzogen, außerdem leitend und stark porös, so daß Wasser begierig aufgesaugt wird und die Oxydation so steigend u. U. unter dem Farbanstrich vorgetrieben wird. Waagerechte Eisenteile und Stellen mit geringer Luftzirkulation, wie z. B. Isolatorenstützen im windgeschützten Hohlraum von Stützisolatoren[10]), sind der Korrosion besonders ausgesetzt.

[9]) W. Palmaer, Korrosion 5 (1935) S. 14.
[10]) W. Weicker, ETZ 57 (1936) S. 1391.

Als Schutz gegen diese Metallzerstörungen können Farbanstriche, Metallüberzüge und Mischungen der beiden zur Anwendung kommen. Bei Eisenmasten überwiegen zur Zeit die Farbanstriche, und zwar hier wiederum die Leinölfarbanstriche. Diese bestehen aus den Farbpigmenten, z. B. Bleimennige, Eisen- oder Zinkoxyd und den sogenannten Bindemitteln wie Leinöl, Leinölfirnis und Leinölstandöl. Im allgemeinen werden 1 bis 2 Grundanstriche und 2 Deckanstriche auf die gut entrosteten, trockenen Eisenteile aufgetragen. Die Deckanstriche sollen die Grundierung vor der Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit schützen. Die Grundanstriche sollen eine Passivierung des Eisens hervorrufen. Hierfür eignen sich insbesondere die Farbpigmente aus Mennige. In neuerer Zeit wird Mennige mit Erfolg versetzt z. B. durch Zusatz von 80 % Siliziumkarbid[11]) oder 20 % Schwerspat und auch z. T. durch Eisenoxydfarben ersetzt. Der Ölgehalt der einzelnen Anstriche muß von innen nach außen ansteigen, damit eine größere Dehnbarkeit der äußeren Schicht gewährleistet wird. Die Grundanstriche und der erste Deckanstrich werden mit Leinöl oder Leinölfirnis ausgeführt, der zweite Deckanstrich zweckmäßig mit einem Zusatz von Leinölstandöl, da Leinölstandöl, das durch Kochen bei 280 bis 320 ° aus Leinöl gewonnen wird, nicht so hygroskopisch wie Leinöl und Leinölfirnis ist und daher das Wasser besser abwehrt und den Anstrich wesentlich widerstandsfähiger macht. Die Leinölfarbanstriche besitzen unter der Einwirkung des Wetters nur eine Lebensdauer von etwa 6 bis 8 Jahren. In der Nähe von Industrien, der Meeresküste und von Moorgegenden geht bisweilen die Lebensdauer sogar auf nur 3 bis 4 Jahre zurück. Diese geringe Lebensdauer und außerdem der große Anteil ausländischer Rohstoffe bei den Leinölfarben gaben Veranlassung, nach besseren Verfahren zu suchen.

Die in der Automobilindustrie bewährten Nitrozellulosefarben[12]) können fast restlos aus einheimischen Rohstoffen hergestellt werden. Sie sind jedoch überwiegend nur für eine Verarbeitung in geschlossenen Räumen brauchbar, da sie nur auf vollkommen trockenen und peinlich sauberen Flächen mittels Spritzverfahren aufgetragen werden können. Einige neue Schutzanstriche auf Kunstharzgrundlage wie z. B. Chromotekt haben sich dagegen auch für den Anstrich von Masten bewährt. Sie stellen zumeist preiswerte reindeutsche Fertigerzeugnisse dar und trocknen sehr schnell, so daß die Abschaltzeiten von Leitungen dadurch erheblich verkürzt werden. Gegen den Angriff von Ammoniak, Chlor, Kalkwasser und Bodensäure sind sie z. T. sehr beständig. Eine ähnliche Beständigkeit gegen den Angriff von Säuren, Alkalien und Rauchgasen weisen die neuen Chlorkautschukfarben[13]) auf. Chlorkautschuk dient hier an Stelle von Leinöl als Bindemittel. Es wird durch Chlorieren von Kautschuk gewonnen. Als Farbkörper kommen die gleichen in Frage wie bei den Leinölfarben. Die Chlorkautschukfarben trocknen ebenfalls sehr schnell und besitzen eine hohe Oberflächenhärte und Schlagfestigkeit. Die vom Materialprüfungsamt vorgenommenen Kurzversuche zeigen eine auffällige Überlegenheit der Chlorkautschukfarben gegenüber den Leinölfarben, und diese Anstriche dürften daher trotz ihres höheren Preises in Zukunft auch für den Freileitungsbau an Bedeutung gewinnen.

Alle genannten Korrosionsschutzmittel werden jedoch hinsichtlich der Haltbarkeit von der Feuerverzinkung übertroffen. Bei Klemmen, Isolatorenstützen, Traversen, wird die Feuerverzinkung mit bestem Erfolg bereits seit Jahrzehnten angewandt, und seit einer Reihe von Jahren werden auch Eisenmaste vollständig verzinkt geliefert. Die Feuerverzinkung hat nicht nur die Errichtungskosten, sondern auch die Unterhaltungskosten von Eisenmast-Freileitungen wesentlich vermindert. Die

[11]) Wagner, Korrosion 5 (1935) S. 98.
[12]) B. Scheipele, Korrosion u. Metallsch. 12 (1936) S. 245.
[13]) Schultze, Korrosion 5 (1935) S. 94.

Digitized by Google

außerordentlich gute Schutzwirkung der Feuerverzinkung beruht darauf, daß in dem Element Eisen—Zink das Zink als das unedlere Metall aufgelöst und das Eisen dadurch geschützt wird. Kleine Verletzungen und auch gelegentliche Poren der Zinkschicht werden durch diese günstige Elementbildung ebenfalls geschützt.

Unter normalen atmosphärischen Verhältnissen wurde für die Zinkschicht eine Zerstörungsgeschwindigkeit von etwa 7 bis 12 g je m² und Jahr festgestellt. Da bei einer guten Feuerverzinkung, welche der Prüfung der VDE-Vorschriften entspricht, eine Zinkauflage von 400 bis 1000 g/m² vorhanden ist, so kann man mit einer Lebensdauer von etwa 40 bis 80 Jahren rechnen. Da die Verzinkung bei Vorhandensein einer gut ausgenutzten Verzinkungsanlage in der Mastenfabrik nicht wesentlich teurer als der Mennigeanstrich ist, — so dürfte eine Verzinkung als das ideale Rostschutzmittel für den Freileitungsbau angesprochen werden. In ausländischen Leitungen, insbesondere in Tropengebieten — wo eine besonders große Korrosionsgefahr vorliegt — werden verzinkte Maste schon länger vorzugsweise eingebaut.

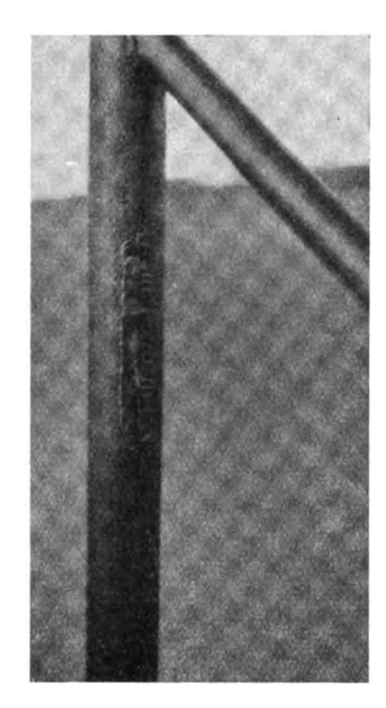


Abb. 3. Durch Eisbildung geplatzter Rohrmast-Eckstiel. Nachträglich geschweißt und wiederum geplatzt.

Die Feuerverzinkung sollte man nach Möglichkeit mindestens an den Mastköpfen durchführen, da sonst beim Streichen Abschaltungen vorgenommen werden müssen, die bei stark belasteten Leitungen und bei Stichleitungen mit einem System nicht ohne erhebliche Betriebsunterbrechungen durchzuführen sind. In einigen Überlandwerken werden verzinkte Maste und verzinkte Traversen etwa ein halbes Jahr nach dem Aufstellen mit einem Deckanstrich als zusätzlichem Schutz versehen. Galvanisch verzinkte und auch kadmierte Eisenteile gewähren im Freien keinen ausreichenden Korrosionsschutz.

Da die deutsche Zinkgewinnung nur etwa 60 bis 70 % des Bedarfes deckt, so ist in den letzten Jahren der Verbrauch von Zink kontingentiert worden, und man bemüht sich, die Verzinkung durch andere, möglichst gleichwertige Verfahren zu ersetzen. Auf Grund der guten Erfahrung im Automobilbau hat man in kleinem Maße bereits versucht, den sogenannten Phosphatrostschutz[14]) im Freileitungsbau einzuführen. Es wird hierbei auf chemischem Wege bei Temperaturen unter 100 °C eine Eisenphosphatschicht, die in inniger Verbindung mit dem Eisen steht, erzeugt, und zwar entweder nach dem sogenannten Parker- oder Bonder- und den verschiedenen Atramentverfahren. Das Bonderverfahren hat den Vorteil, daß die Behandlung des Werkstückes nur 2 bis 5 min in Anspruch nimmt, während das Parkerverfahren etwa 1 h erfordert.

Die Phosphatschicht macht das Eisen passiv und verhindert so die sogenannte Unterrostung des Eisens, außerdem bildet sie infolge ihrer Porosität eine außerordentlich gute Unterlage für den unbedingt erforderlichen Deckanstrich, der in den Lücken der feinen Kristalle fest verankert wird. Die Phosphatüberzüge sind elektrisch nichtleitend. Die Werkstoff- und Lohnkosten sind gering, da die Überzüge in der Fabrik im Tauchverfahren hergestellt werden. Jedoch können erst längere Erfahrungen endgültig zeigen, ob der Phosphatrostschutz für den Freileitungsbau geeignet ist.

Rohrmaste. In neuerer Zeit sind vielfach die sogenannten Rohrgittermaste eingeführt worden. Sie besitzen eine sehr glatte nietfreie Oberfläche und lassen sich daher gut streichen; auch das Wasser kann leicht ablaufen. Anderseits dringt Wasser, wie die Erfahrung gelehrt hat, in das Innere der Rohre und, da hier ein trocknender Luftzug nicht vorhanden ist, besteht Korrosionsgefahr[15]). Teilweise sammelt sich das Wasser in den unteren Eckrohren, so daß bei Eisbildung die Eisenrohre zum Platzen gebracht werden können (Abb. 3). Man hat versucht, die innere Rostung und die Eissprengwirkung durch Ausfüllen der unteren Eckstiele mit Teermasse zu verhindern.

Fundamente für Eisenmasten.

Die im Erdreich eingebauten Mastteile sind durch die in jedem Boden mehr oder weniger vorhandenen wasserlöslichen Salze hinsichtlich Korrosionen besonders gefährdet, und zwar wiederum nur dann, wenn Wasser und Sauerstoff vorhanden sind, was im allgemeinen immer zumindest kurz unter der Erdoberfläche der Fall ist, wobei bei Ton-, Schlick- und Moorböden im Gegensatz zu Sand- oder Lehmböden die Gefahr aggressiver Lösungen besonders groß ist. Nach Versuchen von E. R. Shepard[16]) ist der Korrosionsangriff dann am stärksten, wenn der Feuchtigkeitsgehalt etwa ein Drittel der Wassermenge beträgt, die bis zur Sättigung des Bodens aufgenommen werden kann.

Als Schutzmaßnahmen gegen diese Gefahren werden überwiegend dicke Schutzschichten auf Teer- oder Bitumengrundlage genommen. Es ist wesentlich, daß der Teer frei von Phenolen ist, da diese Eisen angreifen. Eine Mischung im Verhältnis 1 : 1 aus säurefreiem Teer und Gudron hat sich im allgemeinen bewährt. Sie muß heiß aufgetragen werden. Bei den Larssenpfählen[17]), die man als Gründung besonders in Schlickboden wählt, sucht man den Stahl durch einen 0,2- bis 0,3prozentigen Kupferzusatz gegen Korrosionen beständiger zu machen.

Abb. 4. Ungepflegtes Betonfundament eines Gittermastes.

Bei Betonfundamenten sind die Eisenteile im Erdreich bei genügender Dicke und Dichtheit des Betons gut geschützt. Gefährdet sind jedoch die Austrittsstellen aus dem Beton. Der Beton saugt in den oberen Schichten

[14]) R. Justh, Korrosion u. Metallsch. 12 (1936) S. 203.

[15]) Reinicke, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 243.

[16]) E. R. Shepard, Industr. Engng. Chem. 26 (1934) S. 723.

[17]) F. Klaus, ETZ 58 (1937) S. 340.

Digitized by Google

Wasser auf, die Eisen können daher rosten, und es werden dann häufig die Fundamentteile abgesprengt (s. Abb. 4). Es ist daher erforderlich, daß Betonfundamente im oberen Teil mit einem dicken säurefreien Teer- oder Bitumenanstrich versehen werden und der Anstrich von Zeit zu Zeit erneuert wird.

Eisenbetonmaste.

Von vielen Seiten wird empfohlen, an Stelle der Eisenmaste Eisenbetonmaste anzuwenden, da diese korrosionsfest sind, außerdem Eisen sparen sollen. Bei guter statischer Durchbildung und noch mehr bei Verwendung von eisensparenden Sonderprofilen für die Gittermaste dürfte die Ersparnis an Eisen nur bei kleinen Spitzenzügen vorhanden sein. Die Beständigkeit der Eisenbetonmaste gegen die Angriffe von Feuchtigkeit wird außerdem nur dann gewährleistet, wenn das Eisen genügend tief in Beton eingebettet ist und die Betonschicht außerdem einwandfrei dicht ist. Wie leider die Erfahrungen mit Eisenbetonkonstruktionen zeigen, ist dies nicht überall der Fall[18]). Es entstehen dann Risse im Beton, die sich im Winter durch Eisbildung allmählich vergrößern. Die Feuchtigkeit tritt dann bis an die Eisenstäbe, diese rosten und sprengen durch das größere Volumen des Eisenrostes größere Betonteile ab. Bei den Eisenbetonmasten, die nach dem Schleuder- und Rüttelverfahren hergestellt werden, ist die Verdichtung des Eisenbetons eine recht gute, so daß diese Gefahr herabgemildert wird, wenn nicht die Konstruktion zu schwierig gestaltet worden ist.

Holzmaste.

In Mittel- und Niederspannungsleitungen werden vor allem ihrer Preiswürdigkeit wegen Holzmaste eingebaut. Während Holz an trockenen Stellen, z. B. im Dachgebälk eingebaut, viele hundert Jahre halten kann, wird es im Freien ohne Imprägnierung durch die in dem feuchten Holz lebenden Pilze innerhalb von etwa sechs Jahren zerstört. Durch eine Imprägnierung der Holzmaste konnte man bisher die Lebensdauer auf etwa 15 bis 25 Jahre je nach dem Verfahren und dem Standort verlängern.

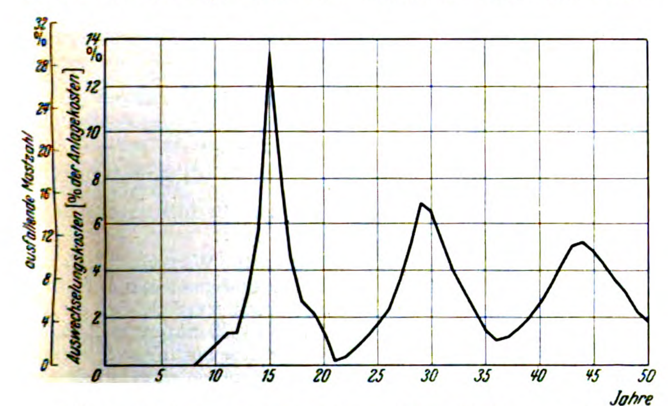


Abb. 5. Mastauswechselungskosten in Abhängigkeit von der Zeit.

Da im Altreich bei den Überlandwerken etwa 8 bis 10 Mill Stangen eingebaut sind, müssen zur Erhaltung des Bestandes jährlich 500 000 Stangen mit einem Aufwand von schätzungsweise 20 000 000 RM ausgewechselt werden. Erschwerend ist, daß die Auswechselungskosten in einigen Jahren stark zusammengedrängt auftreten. Nehmen wir z. B. an, in einem Landkreis seien die Maste in einem Jahr errichtet worden und legen wir eine Lebensdauer von 15 Jahren und eine normale Ausfallkurve[19]) zugrunde, dann ergeben sich die Auswechselungskosten in Abhängigkeit von der Zeit aus Abb. 5. Es zeigt sich, daß für die ersten zwei Auswechselungsperioden erhebliche Beträge zurückgestellt werden müssen. Erfolgte die Errichtung der Holzmastleitungen in einem größeren Zeitabschnitt, dann verflachen sich die ersten zwei Spitzen etwas. Durch eine Verlängerung der Lebensdauer, die durch wirksamere Imprägnierung und eine geeignete Nachpflege zu erreichen ist, können die jährlichen Aufwendungen bedeutend gesenkt werden.

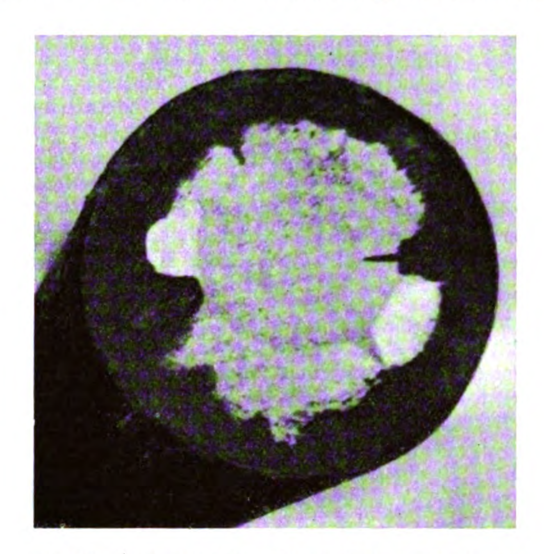


Abb. 6a. Holzmastschnitt. Kurz nach der Imprägnierung. Unvollkommene Tränkung.

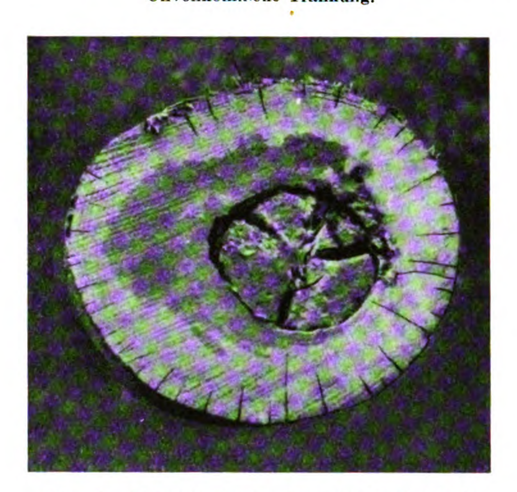


Abb. 6b. Holzmastschnitt. Beginnende Kernfäule.

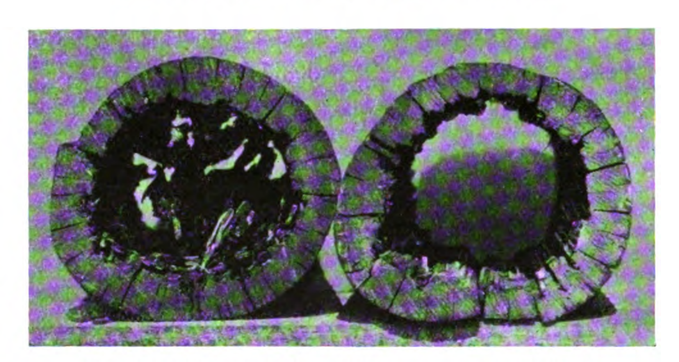


Abb. 6c. Holzmastschnitte. Vollkommen ausgefaulte Maste.

Die Imprägnierungen suchen die Lebensgrundlagen für die Pilze zu zerstören, und zwar entweder durch Entzug des Wassers oder durch Vergiftung des Holzes.

Bei dem bisher bewährtesten Verfahren — die Teerölimprägnierung nach dem Rüpingsparverfahren — wird das Wasser durch das Teeröl ferngehalten und gleichzeitig auch das Holz vergiftet. Die Fäulnis tritt wiederum zunächst an den Stellen ein, an welchen das Holz am längsten feucht gehalten wird, d. h. in der Bodenzone und am Grunde von Trockenrissen. Während in der Bodenzone der Angriff sichtbar ist und durch Mastpflege mit

[18]) S. a. West, ETZ 57 (1936) S. 176.
[19]) W. Binswanger, Elektrizitätswirtsch. 31 (1932) S. 145.

Digitized by Google

Karbolineumanstrichen oder Bandagen gehemmt werden kann, ist der Angriff der Pilze von den Trockenrissen aus viel unangenehmer, da bei der Terölimprägnierung und den anderen Verfahren mit radialer Einverleibungsrichtung das Splintholz in der Nähe des Kernes meistens weniger, oft leider infolge ungenügender Holztrocknung überhaupt nicht imprägniert ist (Abb. 6 a) und dann Ring- und Kernfäule (s. Abb. 6 b/c) eintritt, die durch eine Nachpflege nur sehr schwer zu beeinflussen ist. Hierzu kommt noch als weiteres ungünstiges Moment, daß Teeröl gegen den die Kernfäule erzeugenden lentinus den geringsten Schutzwert[20]) besitzt. In einem Überlandwerk[21]) sägt man aus diesen Gründen vor der Imprägnierung in das Splintholz einen „künstlichen Trockenriß" und man vermeidet so spätere Risse an nicht gutimprägnierten Stellen.

Man hat in neuerer Zeit versucht, die Imprägnierung an saftfrischen Masten mit einem in Wasser löslichen Salzgemisch aus Fluorsalzen, Dinitrophenolen, Arsen und Bichromaten durchzuführen, und zwar entweder durch radiale Salzzuführung, wie z. B. beim Osmoseverfahren[22]), oder durch axiale, wie z. B. beim einfachen[23]) und gegenläufigen[20]) Durchströmungsverfahren. Die letzteren Verfahren durchtränken besonders die inneren Splintschichten und erschweren dadurch die gefürchtete Ring- und Kernfäule. Sie ermöglichen außerdem die Imprägnierung von Fichtenstangen. Laborationsversuche zeigen bei diesen Salzgemischen sehr beachtliche Ergebnisse, und auf Grund von Analogieschlüssen hat man eine Mastlebensdauer von 40 Jahren[23]) errechnet.

Bei vorhandenen Masten sucht man die Lebensdauer durch die sogenannte Mastennachpflege zu verlängern. Bei Teerölmasten kann in der Bodenzone der Feuchtigkeitsangriff durch regelmäßiges Austrocknen der Bodenzone und Streichen mit Karbolineum oder durch Tränken mit leichten Teerölen erschwert werden. Die Mittel sind wertlos, wenn der Entzug von Teeröl bereits zu groß war und das Wasser bereits zu tief eingedrungen ist. In diesem Falle haben sich Bandagen in der Bodenzone und am Zopfe aus oben genannten Salzgemischen als wirksam erwiesen. Die Erhaltung bestehender Maste und die Verbesserung der Imprägnierung neuer Maste ist nicht nur für das Werk selbst, sondern auch für die Allgemeinheit mit Rücksicht auf die bestehende Holzknappheit äußerst wichtig.

Zusammenfassung.

Die zerstörenden Einwirkungen der Feuchtigkeit auf die Einzelglieder der Freileitungen und ihre Ursachen werden untersucht und gleichzeitig gezeigt, wie durch geeignete Maßnahmen in der Fabrikation und im Betrieb die Lebensdauer der einzelnen Teile wesentlich erhöht werden kann. Damit wird an wertvollen Rohstoffen und an Unterhaltungskosten gespart und gleichzeitig die Betriebssicherheit erhöht.

20) W. Ludwig „Zur Imprägnierung von Holzmasten", Selbstverlag Königsberg (Pr.) (1936).
21) Westpreuß, Überlandwerke Marienwerder.
22) R. Winnig, ETZ 56 (1935) S. 857.
23) H. Gewecke, ETZ 56 (1935) S. 1119 u. 60 (1939) S. 805.

Planungs- und Ausführungsfragen bei Kondensatorenanlagen zur Leistungsfaktorverbesserung*).

DK 621.319.4.018.14.004

Starkstromkondensatoren zur Leistungsfaktorverbesserung sind ein in den letzten Jahren sehr oft benutztes Mittel, die Stromerzeuger- und Übertragungsanlagen von der zusätzlichen Belastung durch induktiven Blindstrom mehr oder weniger zu befreien. Dadurch kann die Kapazität vorhandener Anlagen für Wirkstromlieferung ohne sonstige Erweiterungen erhöht werden. Der Kondensator stellt somit ein wirksames Mittel zur restlosen vollständigen Ausnutzung der vorhandenen Anlagen dar und ermöglicht die Einsparung kostbarer Rohstoffe.

Die größten Verbraucher induktiven Blindstromes sind nach statistischen Feststellungen die Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufer, die wegen ihrer Anspruchslosigkeit und Betriebssicherheit sich immer mehr einführen. Da nun der Leistungsfaktor solcher Motoren um so günstiger wird, je besser sie ausgenutzt sind, ist größter Wert darauf zu legen, daß die Motoren nicht zu groß bemessen werden, d. h. man soll einem großen ungünstigen Blindleistungsanfall vorbeugen, um die Kosten für die Kompensation zu vermeiden oder wenigstens möglichst klein zu halten.

Die Kondensatoren haben eine etwa fünfzehnjährige Entwicklung durchgemacht, in der sie zu hochwertigen, absolut betriebssicheren Starkstromgeräten durchgebildet wurden. Sie sind aus einzelnen Wickeln mit verhältnismäßig kleiner Leistung aufgebaut, die je nach Leistung und Betriebsspannung parallel und in Reihe geschaltet werden. Jeder Einzelwickel ist für sich abgesichert, so daß bei einem etwaigen Durchschlag nur dieses Element ausfällt und alle übrigen unbehindert in Betrieb bleiben. Der Kondensator übertrifft also mit seinem Verhalten in einem Störungsfall alle übrigen elektrischen Geräte. Infolge der außerordentlich geringen Verluste von etwa 0,3% der Blindleistung haben sie sich gegenüber den umlaufenden Phasenschiebern in den letzten zwei Jahren restlos durchgesetzt. Außerdem weisen sie noch ganz beträchtliche betriebliche Vorteile gegenüber Blindleistungsmaschinen dadurch auf, daß sie praktisch keiner Wartung bedürfen und je nach Bedarf erweitert werden können. Darüber hinaus ist es auch möglich, bei Veränderung der Betriebsverhältnisse eine bestehende Kondensatorenanlage aufzulösen und die einzelnen Einheiten im Netz zu verteilen.

Im allgemeinen wird man die Kondensatoren am Ort des Blindleistungsbedarfs aufstellen, also möglichst auf der Niederspannungsseite und in der Nähe der Motoren. Unter bestimmten Verhältnissen ist es aber zweckmäßig, größere Anlagen an einer zentralen Stelle vorzusehen, z. B. wenn die Kommandogewalt über den Einsatz der Kondensatoren dem Betriebsleiter erhalten bleiben muß oder wenn sie zur Stabilisierung langer Übertragungsleitungen notwendig werden.

An vielen Beispielen durchgeführte Wirtschaftlichkeitsrechnung ergibt regelmäßig, wenn die Kondensatoren auf Grund bestehender Blindleistungstarife eingebaut werden, daß sie sich in einem Zeitraum von etwa 6 bis 18 Monaten vollständig amortisieren, wenn die erzielten Ersparnisse hierfür aufgewendet werden. Diese Tatsache hat auch, nachdem sie einmal bekanntgeworden ist, zu einer außerordentlich lebhaften Nachfrage geführt.

Die Besonderheit der Kondensatoren macht es notwendig, der Ausbildung der zugehörigen Schaltanlage gewisse Aufmerksamkeit zuzuwenden. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß das Einschalten selbst großer Anlagen mit normalen Leistungsschaltern ohne Widerstände ohne weiteres möglich ist. Dämpfungsmittel vor den Kondensatoren werden erst notwendig, wenn spannungslose Kondensatoren zu solchen, die bereits an Spannung liegen, ohne daß weitere Widerstände in den Verbindungsleitungen vorhanden sind, parallel geschaltet werden sollen. Es muß also berücksichtigt werden, daß die Kondensatoren im ersten Augenblick des Einschaltens einem Kurzschluß vergleichbar sind.

Eine weitere Eigenschaft der Kondensatoren, die sie von anderen elektrischen Geräten unterscheidet, ist die, daß sie auch nach dem Abschalten vom Netz noch die Spannung festhalten; es sind also, um Gefährdung des Betriebspersonals zu vermeiden, besondere Vorrichtungen zu ihrer Entladung zu treffen. Bei Niederspannung geschieht dies durch Silitwiderstände, die zwischen den Kondensatorklemmen angeordnet sind. Bei

*) Vortrag von B. Stauch, gehalten am 23. 3. 1939 im VDE-Bezirk Mittelbaden.

Digitized by Google

Hochspannung würden Silitwiderstände zu hohe Verluste bringen und außerdem zu wenig betriebssicher sein. Man verwendet in diesem Fall daher Spannungswandler oder besondere Schalter, die die Kondensatoren in der „Aus"-Stellung mit niedrigohmigen Entladewiderständen verbinden.

Bei Einbau besonders großer Kondensatorenleistung oder in Anlagen, die an sich schon durch Oberwellen verseucht sind, muß noch gewisse Rücksicht auf die Beanspruchung der Kondensatoren durch die Oberwellen und ebenfalls auch auf etwaige Resonanzen genommen werden, jedoch sind, wie die Praxis zeigt, bei richtiger Planung auch hier keine besonderen Schwierigkeiten zu erwarten.

Überblickt man die Anwendbarkeit des Starkstromkondensators, so zeigt es sich, daß er ein vielseitig verwendbares, anspruchloses und im Verhältnis zu den durch ihn erzielten Einsparungen billiges Gerät ist, so daß seine Verbreitung durchaus erklärlich ist. Es ist zu erwarten, daß er in Zukunft in noch viel stärkerem Ausmaße als bisher eingesetzt wird, da er wesentlich mit zur unbedingt notwendigen vollen Ausnutzung der Anlagen beiträgt. *eb.*

Normen für galvanische Elemente und Batterien.

VDE-Ausschuß für Fernmeldetechnik.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

DK 621.352 (083.74) **Juli 1939**

Galvanische Elemente und Batterien

(Galvanische Stromerzeuger)

Elektrotechnik

DIN
Entwurf
VDE 1210

Einspruchsfrist: 1. Oktober 1939.

Begriffe. Kurzzeichen.

Man unterscheidet galvanische Zellen, Elemente und Batterien.

Die Zelle besteht aus Zinkelektrode, Kohleelektrode und Elektrolyt.

Das Element ist eine mit einem Behälter versehene, gebrauchsfertige Zelle.

Die Batterie besteht aus mehreren Zellen, die zu einer Einheit zusammengeschaltet und zusammengebaut sind.

Galvanische Elemente und Batterien werden kurz „galvanische Stromerzeuger" genannt und müssen VDE 0807 „Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien" entsprechen.

Zur einheitlichen und eindeutigen Bezeichnung von galvanischen Stromerzeugern dienen Kurzzeichen, die sich wie folgt zusammensetzen:

Für Element:	**Für Batterie:**
1. Buchstabe: **E** = Element	**B** = Batterie
2. Buchstabe: **A** bis **Q** =	**A** bis **Q** =

Bezeichnung der für den Aufbau benutzten Zelle (s. Tafel unt. I.)

X oder **Y** = bei Naßelementen nur zur Unterscheidung der Größe, weil Zelle und Element gleich sind.

3. Buchstabe: **T**, **F** oder **L** = | **T** oder **L** =

Ausführungsart der Zelle

T = **T**rocken — Braunstein
F = **F**üll — Braunstein
L = Trocken — **L**uftsauerstoff

oder eine Zahl an Stelle dieses Buchstabens oder hinter ihm = Nennspannung der Batterie.

Beispiele:

ELF = Element aus Zelle **L** in Füll-Braunstein-Ausführung

BD 90 = Batterie aus Zellen **D** 90 Volt Nennspannung

BPL 3 = Batterie aus Zellen **P** in Trocken-Luftsauerstoff - Ausführung 3 V Nennspannung.

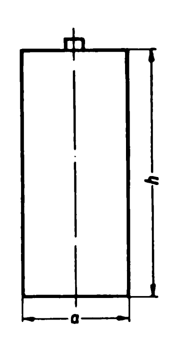
Bei Batterien mit je 2 oder mehr parallelgeschalteten Zellen wird eine entsprechende Zahl vor die Zellenbezeichnung gesetzt.

Beispiel: **B2 H 4,5** = Batterie, je 2 Zellen **H** parallel, 4,5 Volt Nennspannung.

I. Zellen.

Maße in mm

Die im folgenden gewählte bildliche Darstellung von Zellen, Elementen und Batterien ist für die Ausführung nicht verbindlich.



1	2	3	4
Typ	Grundfläche a[1])		Höhe h
	rund	quadratisch	
(A) [2])	13.2 ± 0,2	—	46,5 ± 1
(B) [2])	15 ± 0,1	—	45 ± 1
C	19.6 ± 0,1	—	33 ± 1,5
D	19,6 ± 0,1	—	51 ± 1 oder 56 ± 2
E	23.6 ± 0,15	—	45 ± 1,5
F	23,6 ± 0,15	—	54 ± 1
G	23,6 ± 0,15	—	63 ± 2
H [3])	27,5 ± 0,7	—	76 ± 2
J	31,5 ± 0,15	—	57 ± 2
K	35 ± 1	34 ± 1 × 34 ± 1	86 Größtmaß
L	50 ± 2	49 ± 2 × 49 ± 2	100 ,,
M	63 ± 2	—	158 ,,
N	74 ± 3	73 ± 3 × 73 ± 3	165 ,,
P	97 ± 4	97 ± 4 × 97 ± 4	175 ,,
Q		147 ± 5 × 147 ± 5	175 ,,

[1]) Bei nicht nahtlos hergestellten Bechern Maße über Naht gemessen.
[2]) Eingeklammerte Größen möglichst vermeiden.
[3]) Nur für Batterien BH 3 und BH 4,5.

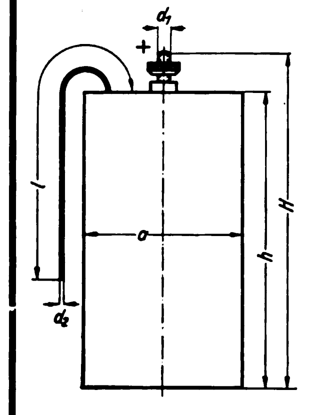
Digitized by Google

Maße in mm

II. Elemente.

1. Trockenelemente, Füllelemente und Luftsauerstoff-Elemente.

Nennspannung 1,5 V



Bezeichnung eines Trockenelementes mit dem Kurzzeichen **ELT**:

Trockenelement **ELT** VDE 1210

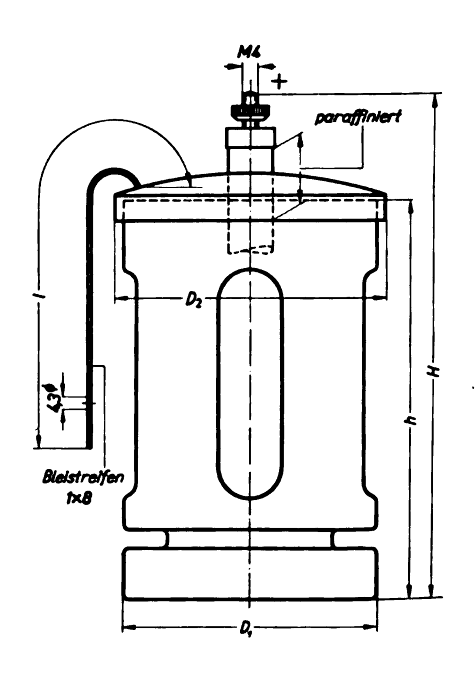
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kurzzeichen			Grundfläche a		Schulterhöhe h Größtmaß	Gesamthöhe H Größtmaß	Gewinde für Pluspol d_1	Anschlußdraht	
Trockenelement	Füllelement	Luftsauerstoffelement	rund	quadratisch				für Minuspol d_2	l Kleinstmaß
EKT	**EKF**	**EKL**	—	38 ± 1 × 38 ± 1	100	113	M 4	1	60
ELT	**ELF**	**ELL**	—	55 ± 2 × 55 ± 2	110	125	M 4[1])	1	70
EMT		**EML**	66 ± 2	—	160	170	M 4	1[2])	90[2])
ENT	**ENF**	**ENL**	—	80 ± 3 × 80 ± 3	180	200	M 5	1	110
EPT		**EPL**	—	105 ± 3 × 105 ± 3	195	210	M 5	1	140
		EQL	—	157 ± 3 × 157 ± 3	195	210	M 5	1[2])	200[2])

1) Wird bei besonderer Vereinbarung auch mit M 5 geliefert. 2) Wird mit Schraubklemme (Gewinde d_1) geliefert, mit Anschlußdraht nur bei besonderer Vereinbarung.

Gewinde: Metrisch nach DIN 13.

2. Naßelemente.

Nennspannung 1,5 V



Bezeichnung eines Naßelementes mit dem Kurzzeichen **EX**:

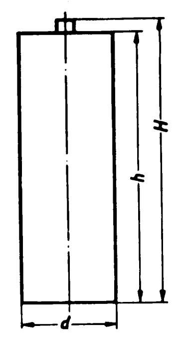
Naßelement **EX** VDE 1210

1	2	3	4	5	6
Kurzzeichen	Durchmesser		Schulterhöhe h Größtmaß	Gesamthöhe H Größtmaß	Bleistreifen l Kleinstmaß
	Glasgefäß D_1	Deckel D_2			
EX	100 + 3	107 + 3	160	200	120
EY	125 + 3	135 + 3	250	300	135

Gewinde: Metrisch nach DIN 13.

3. Stabelemente.

Nennspannung 1,5 V



Bezeichnung eines Stabelementes mit dem Kurzzeichen **EJ**:

Stabelement **EJ** VDE 1210

1	2	3	4
Kurzzeichen	Durchmesser d	Schulterhöhe h Größtmaß	Gesamthöhe H Größtmaß
EC	21 ± 0,7	35	37
ED	21 ± 0,7	59	62
EE	25 ± 0,8	49	50
EJ	33 ± 1,0	61	62

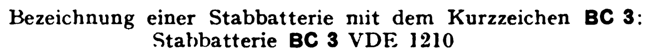
Digitized by Google

Maße in mm

III. Batterien.

1. Stabbatterien.

Nennspannung 3 V


Bezeichnung einer Stabbatterie mit dem Kurzzeichen **BC 3**:
Stabbatterie **BC 3** VDE 1210

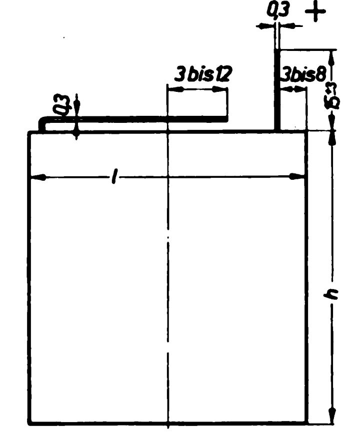
1	2	3	4
Kurzzeichen	Durchmesser *d*	Schulterhöhe *h* Größtmaß	Gesamthöhe *H* Größtmaß
BC 3	21 ± 0,7	72	74
BE 3	25 ± 0,8	99	100

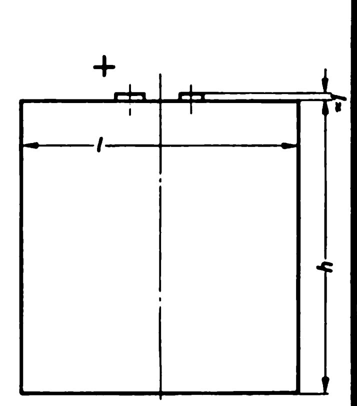
2. Flachbatterien.

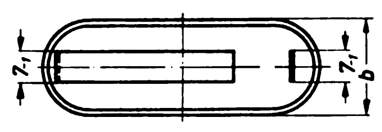
Bezeichnung einer Flachbatterie mit Kurzzeichen **BH 4,5**:
Flachbatterie **BH 4,5** VDE 1210

1	2	3	4	5	6
Kurz-zeichen	Nenn-spannung in V	Breite *b*	Länge *l*	Schulter-höhe *h*	Bild
BD 4,5	4,5	22 — 2	62,5 — 2	66 — 2	1
BG 3	3	26,5 — 2	51 — 3	83 — 3	2
BG 4,5	4,5	26,5 — 2	76 — 3	83 — 3	
BH 3	3	30 — 2	59 — 3	95 — 4	
BH 4,5	4,5	30 — 2	87 — 3	95 — 4	

Abmessungen der Steckerbuchsen und Stecker für die Batterien **BG** und **BH** siehe S. 1018.







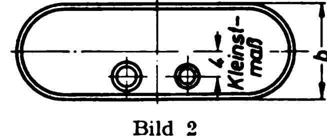
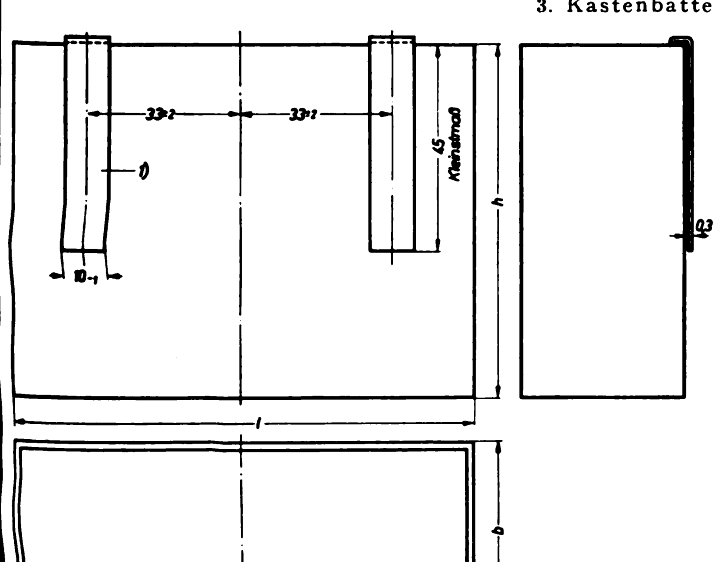


Bild 1
Kontaktstreifen: hartes Messingblech, blank (Ms 60 F 48 oder Ms 63 F 41) Dicke: 0,3

Bild 2

3. Kastenbatterien.



Kontaktstreifen: hartes Messingblech blank (Ms 60 F 48 oder Ms 63 F 41)
Dicke: 0,3

Bezeichnung einer Kastenbatterie mit Kurzzeichen **B 2 J 4,5**: Kastenbatterie **B 2 J 4,5** VDE 1210

Bezeichnung einer Kastenbatterie mit Kurzzeichen **BPT 3**:
Kastenbatterie **BPT 3** VDE 1210

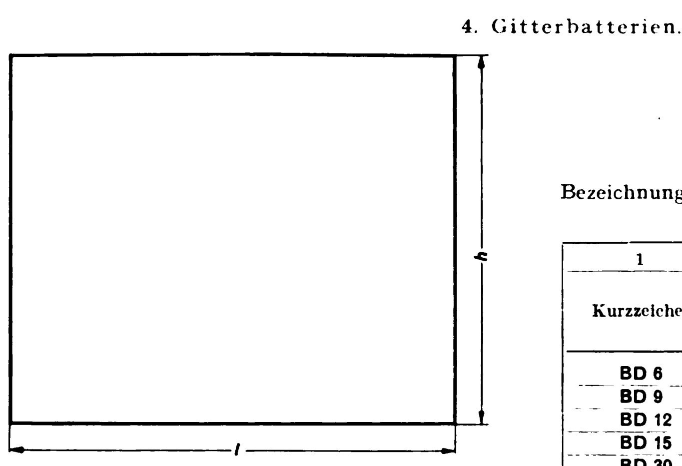
1	2	3	4	5
Kurzzeichen	Nenn-spannung in V	Breite *b*	Länge *l*	Schulterhöhe *h*
BJ 4,5	4,5	36 — 2	102 — 3	77 — 3
B 2 J 4,5	4,5	70 — 3	102 — 3	77 — 3
BPT 3	3	110 — 5	220 — 12	205 — 10
BPL 3				

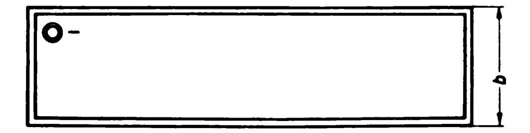
[1]) An Stelle der Kontaktstreifen können auch andere Anschlüsse, z. B. Schraubklemmen, angebracht werden. Bei Bestellung angeben.

Digitized by Google

Maße in mm

4. Gitterbatterien.





Bezeichnung einer Gitterbatterie mit dem Kurzzeichen **BD 12**:
Gitterbatterie **BD 12** VDE 1210

1	2	3	4	5
Kurzzeichen	Nenn-spannung in V	Breite *b*	Länge *l*	Schulterhöhe *h*
BD 6	6	24 — 3	88 — 3	73 — 3
BD 9	9	24 — 3	129 — 3	73 — 3
BD 12	12	24 — 3	169 — 5	73 — 3
BD 15	15	24 — 3	209 — 5	73 — 3
BD 30	30	70 — 5	156 — 6	78 — 6

Abmessungen der Steckerbuchsen siehe unten.

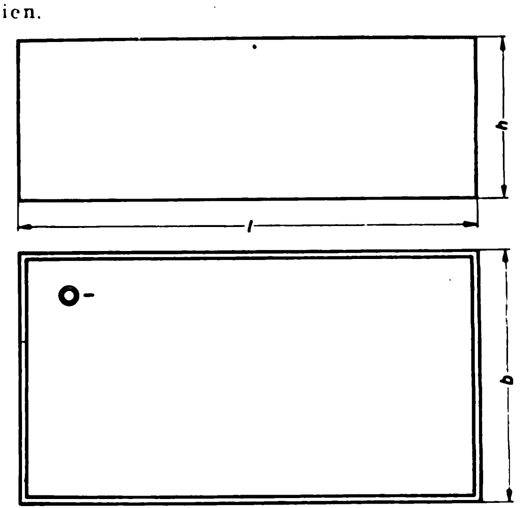
5. Anodenbatterien.

Bezeichnung einer Anodenbatterie mit dem Kurzzeichen **BF 90**:
Anodenbatterie **BF 90** VDE 1210

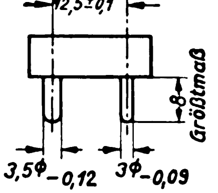
1	2	3	4	5
Kurzzeichen	Nennspannung in V	Breite *b*	Länge *l*	Höhe *h*
(BB 95) [1]	95	100 — 5	180 — 7	64 — 3
BD 30	30	156 — 6	70 — 5	78 — 6
BD 60	60	156 — 5	135 — 5	78 — 4
BD 90	90	156 — 5	200 — 8	78 — 4
BD 100	100	156 — 5	220 — 8	78 — 4
BD 120	120	156 — 5	270 — 12	79 — 5
BF 90	90	185 — 8	235 — 10	83 — 7
BG 100	100	187 — 7	262 — 10	90 — 5
BG 120	120	187 — 7	312 — 10	90 — 5
BH 45	45	174 — 7	208 — 8	85 — 7

[1]) Eingeklammerte Größen möglichst vermeiden.

Abmessungen der Steckerbuchsen siehe unten.

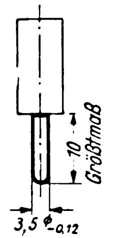


Stecker und Steckerbuchsen.

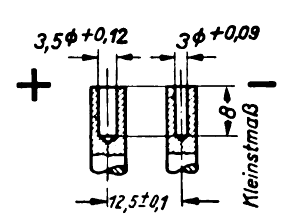


Stecker für Flachbatterien **BG** und **BH**.

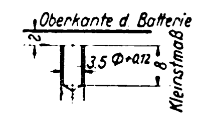
Die Stifte sind federnd auszubilden (z. B. senkrecht zur Verbindungslinie der Stifte geschlitzt).



Stecker für Gitter- und Anodenbatterien.
Der Stift ist federnd auszubilden.



Steckerbuchsen für Flachbatterien **BG** und **BH**.



Steckerbuchsen für Gitter- und Anodenbatterien.

Die Abmaße für Stecker entsprechen dem ISA-Toleranzfeld h 12; sie gelten nicht für geschlitzte Stifte. Die Abmaße für Steckerbuchsen entsprechen dem ISA-Toleranzfeld H 12. Einführung in die ISA-Passungen siehe DIN 7150.

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Aufbau und Einzelteile eines Hochvakuumpumpstandes.

Von Günter Michaelis, Berlin.

DK 533·51/57

Übersicht. Seit der Erfindung der elektrischen Glühlampe und besonders durch die Entwicklung des Rundfunks, der die Elektronenröhre so vielseitig verwendet, hat die Vakuumtechnik große Fortschritte gemacht. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, auf die hochvakuumtechnischen Erfordernisse hinzuweisen, die zur Herstellung solcher Röhren notwendig sind.

1. Die Hochvakuumapparatur.

a) Das Vakuum.

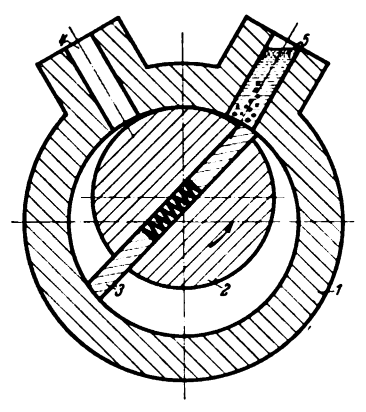
Elektronenröhren sind elektrische Entladungsgefäße, bei welchen die Stromleitung von freifliegenden Elektronen übernommen wird. Damit die Elektronen auf den gewollten steuerbaren Bahnen fliegen, ist es notwendig, die Gefäße luftleer zu pumpen, da sonst die Elektronen mit den Gasmolekülen unaufhörlich zusammenstoßen würden. Ein gasfreier Raum ist außerdem erforderlich, weil bei Anwesenheit von Gasen die eingebauten Glüh- oder Photokathoden zerstört werden.

Unter Hochvakuum versteht man Drucke unter 10^{-3} Torr. Das beste, nur im Laboratorium herstellbare Vakuum beträgt etwa 10^{-9} Torr. Das Vakuum wird als „gut" bezeichnet, wenn der Gasdruck nicht mehr als 10^{-6} Torr beträgt. Hierzu müssen von je 1 Milliarde bei Atmosphärendruck vorhandenen Molekülen alle bis auf eins weggepumpt werden. Trotzdem befinden sich dann immer noch in jedem Kubikzentimeter dieses „Vakuums" 28 Mrd Moleküle.

b) Pumpen.

1. Für die Erzeugung von Hochvakuum haben sich die umlaufende Ölluftpumpe und die Diffusionsluftpumpe durchgesetzt. Sie haben die früher verwendeten Kolbenpumpen und Molekularluftpumpen völlig verdrängt.

Die Ölluftpumpe (Abb. 1) besteht aus einem zylindrischen Gehäuse *1*, in dem sich ein exzentrisch gelagerter Läufer *2* in Richtung des Pfeiles dreht. In dem Schlitz befinden sich zwei durch Federn auseinandergedrückte Schieber *3*, die bei der Drehung dauernd an der Gehäusewand entlanggleiten und dabei die an der Saugöffnung *4* eingedrungene Luft vor sich herschieben, um sie schließlich durch das Druckventil *5* aus der Pumpe zu entfernen. Das Pumpengehäuse ist entweder in einem mit Öl gefüllten Kasten eingebaut oder von einem Gefäß überlagert, das das zum Betrieb der Pumpe notwendige Öl enthält. Der Antrieb erfolgt meist durch Elektromotor. Die Pumpe besteht entweder aus einem Gehäuse oder aus zwei, die in Reihe geschaltet sind. Zweistufige Pumpen geben ein höheres Endvakuum (bis 0,000 01 Torr).

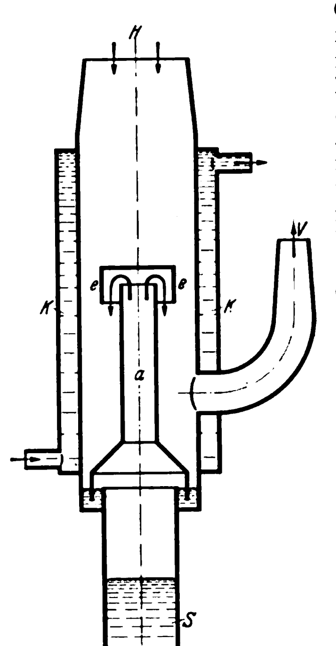


1 Gehäuse *2* Läufer *3* Schieber
4 Saugöffnung *5* Druckstutzen

Abb. 1. Ölluftpumpe.

2. Die Diffusionspumpe ist bei weitem die wirksamste Hochvakuumpumpe. Mit keiner anderen Pumpenart lassen sich auch nur entfernt ähnliche Sauggeschwindigkeiten oder gleich hohe Endvakua erreichen. Diffusionspumpen arbeiten mit Quecksilber oder mit Öldampf.

Nach der kinetischen Gastheorie ist die Diffusion von Gasen ineinander keine Funktion des Gesamtdruckgefälles, sondern sie ist abhängig von den Partialdrucken der Gase. Infolgedessen diffundieren Gase auch in Räume mit hohem Gesamtdruck hinein, sofern dort ihr Partialdruck niedrig ist. Bei hohen Drukken kann man indessen dieses Prinzip nur schwer zum Auspumpen von Gefäßen benutzen. Nur bei Drucken unter 0,1 Torr, bei denen die freie Weglänge der Moleküle auf über 1 mm anwächst, kann man die Gasdiffusion zur Erzeugung von Hochvakuum verwenden. Das Prinzip wird durch Abb. 2 erläutert.



a Dampfrohr
e Spalt
H Hochvakuumanschluß
K Kühler
S Siedegefäß
V Vorvakuumstutzen

Abb. 2. Diffusionspumpe.

Aus der Röhre *a* strömt Dampf in Pfeilrichtung an der Öffnung *e* vorbei, die mit dem Hochvakuumgefäß *H* verbunden ist. Die Öffnung *e* ist von der gleichen Größenordnung wie die freie Weglänge der Moleküle beim Arbeitsdruck. Die Gasmoleküle diffundieren aus der Hochvakuumapparatur *H* infolge ihres Partialdruckgefälles in den Dampfstrom und werden von diesem mitgeführt. Dampfmoleküle, die in entgegengesetzter Richtung zum Hochvakuum *H* diffundieren, werden durch die Kühler *K* niedergeschlagen, gesammelt und in das Siedegefäß *S* des Treibmittels zurückgeleitet. Um die Absperrung der Apparatur gegen zurückdiffundierenden Dampf möglichst vollständig zu machen, wird entweder bei *K* so tief wie möglich gekühlt oder ein Treibmittel von sehr niedrigem Dampfdruck benutzt. Die vom Dampf fortgeführten Moleküle werden in einem Vorvakuumraum befördert, aus dem sie durch eine besondere Vorpumpe *V* abgesaugt werden. Da dauernd Moleküle aus der Apparatur fortgeführt werden, ohne durch andere ersetzt zu werden, entsteht dort allmählich eine sehr hohe Luftleere.

Jede Diffusionspumpe besteht also aus einem Siedegefäß, einem Dampfrohr, das den Dampf am Spalt vorbeileitet, einem oder mehreren Diffusionsspalten, einem Kühler und einem Vorvakuumanschluß. Alle Diffusionspumpen bedürfen zu ihrem Betrieb einer Vorpumpe. Eine

Digitized by Google

Pumpe, die nur einen Diffusionsspalt enthält, benötigt zu ihrem Betrieb ein Vorvakuum von mindestens 0,1 Torr. In mehrstufigen Pumpen sind mehrere Dampfdüsen hintereinander geschaltet, so daß jede Düse wieder die Vorpumpe für die nächste darstellt. Hierbei arbeiten die Düsen bei den höchsten Drucken als Dampfinjektoren. Das erreichbare Endvakuum liegt unter $1 \cdot 10^{-6}$ Torr, und als Vorpumpe genügt eine gut wirkende Wasserstrahlpumpe. Da die Sauggeschwindigkeit dieser Pumpen aber gering ist, verwendet man besser die vorher beschriebene Ölpumpe als Vorpumpe.

Will man die Rückdiffusion von Quecksilberdampf aus der Pumpe in die Apparatur verhindern, so ist zwischen beide eine Kühlfalle mit flüssiger Luft zu schalten.

3. Öldiffusionspumpen werden mit Apienzonölen betrieben, die nach einem Hochvakuum-Destillationsverfahren hergestellt werden. Diese Öle haben bei Zimmertemperatur Dampfdrucke von $1 \cdot 10^{-6}$ bzw. $1 \cdot 10^{-7}$ Torr (Quecksilber hat $1 \cdot 10^{-3}$ Torr) und besitzen eine hohe thermische Stabilität. Das Öl siedet im Gegensatz zum Quecksilber stoßfrei. Öldiffusionspumpen haben auch ohne Kühlung mit flüssiger Luft ein praktisch dampffreies Vakuum. Neben einem guten Vorvakuum ist für den Betrieb dieser Pumpe das Einhalten der vorgeschriebenen Heiztemperatur wichtig.

c) Meßgeräte.

1. Vakuummeßinstrumente werden nach verschiedenen Gesichtspunkten gebaut. Zur Messung von Drucken zwischen 76 und 1 cm Quecksilbersäule wird im allgemeinen ein normales Barometer benutzt. Dieses ist jedoch zur Messung geringer Drucke zu unempfindlich und darum ungeeignet. Die abgekürzte Form des Barometers (Abb. 3) wird gern an der Apparatur zur schnellen Übersicht des Vorvakuumdruckes und als Signalkontakt verwendet.

2. Das Manometer nach MacLeod stellt eine Anwendung des Boyle-Mariottschen Gesetzes auf sehr geringe Drucke dar. Durch Kompression einer Gasmenge von bekanntem Volumen und gesuchtem Druck auf ein sehr kleines, ebenfalls bekanntes Volumen wird der Druck mehrere tausendmal verstärkt und kann dann direkt an der Höhendifferenz zweier Quecksilbersäulen abgelesen werden.

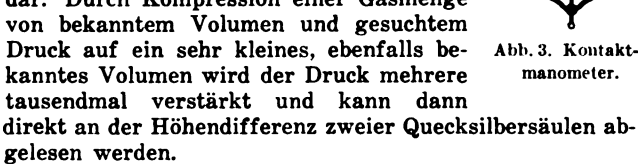


Abb. 3. Kontaktmanometer.

Eine einfache Form des MacLeod-Manometers zeigt Abb. 4. Durch Heben des Quecksilberbehälters G wird eine Gasmenge im geeichten Behälter V abgeschlossen. Diese Menge wird auf ein durch eine Eichmarke M bestimmtes bekanntes Kompressionsvolumen v zusammengedrückt und die Höhendifferenz h der Hg-Spiegel in Ablese- und Kompressionskapillare abgelesen. Dann ist

$$V p_x = v p_k \text{ und } p_k \sim h,$$

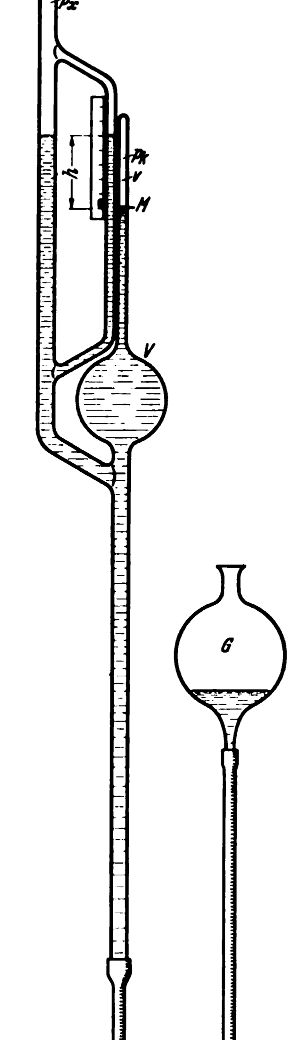
und der gesuchte Druck

$$p_x = \frac{v}{V} h \text{ (Torr).}$$

Durch Anbringen mehrerer Eichmarken für verschiedene v ist man in der Lage, den Meßbereich für p_x über mehrere Zehnerpotenzen auszudehnen, während sich die Größe von h nur innerhalb einer Zehnerpotenz bewegt. Zweckmäßig wählt man v/V in ganzen Zehnerpotenzen. Man bringt dann an der Ablesekapillare Millimeterskalen an, deren Nullpunkte an den jeweiligen Eichmarken liegen. Um den gesuchten Druck p_x zu erhalten, hat man die abgelesene Höhe h (mm) mit der entsprechenden Zehnerpotenz v/V zu multiplizieren. Die Empfindlichkeit ist also bei diesem Verfahren durch V/v gekennzeichnet und hängt von V und den Abmessungen der Kapillare ab. Sie wächst mit dem Kompressionsvolumen V und fällt mit dem Kapillarenquerschnitt F bzw. dem Kapillarenvolumen v.

Bei Drucken von 10^{-6} Torr und darunter kann man die abgeschlossene Gasmenge auf ein unmerklich kleines Volumen zusammendrücken, ohne daß ein ablesbarer Höhenunterschied h auftritt. Die Gasschicht zwischen Quecksilber- und Kapillarenkuppe ist dann so dünn, daß die Adhäsionskräfte zwischen Quecksilber und Glaswand wirksam werden. Läßt man das Quecksilber in der Ablesekapillare dann wieder fallen, so bleibt der Hg-Faden in der Kompressionskapillare kleben und löst sich erst, nachdem der Spiegel in der Ablesekapillare einige Millimeter oder Zentimeter unter die Höhe der Kapillarenkuppe gesunken ist, plötzlich von der Kuppe ab. Aus dem zum Abreißen erforderlichen Höhenunterschied kann man größenordnungsmäßig die Güte des Vakuums abschätzen.

Das Manometer nach MacLeod hat den Nachteil, daß es anwesende Fett-, Wasser- und Ammoniakdämpfe beim Kompressionsvorgang kondensiert, so daß sie sich der Beobachtung entziehen. Die hierdurch hervorgerufenen Fehler sind sehr beträchtlich. Außerdem muß für Absperrung des Quecksilberdampfes mittels Kühlfalle gesorgt werden, sofern man Hg-Dampf in der Apparatur vermeiden will.



G Quecksilberbehälter
V geeichter Glaskolben
M Eichmarke
v Kompressionsvolumen
h Höhenunterschied
p_k bekannter Druck
p_x unbekannter Druck

Abb. 4. MacLeod-Manometer.

3. Das Hitzdraht-Vakuummeter nach Pirani (Abb. 5) beruht auf der Messung der Wärmeleitfähigkeit der verdünnten Gase. Es mißt also gleichmäßig Dämpfe und Gase mit großer Genauigkeit. Zur Messung wird durch einen Draht eine bekannte Strommenge geschickt. Je nach der Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Gases erwärmt er sich hierbei mehr oder weniger. Diese Erwärmung wird an der Widerstandsänderung des Drahtes verfolgt, die in einer Brückenschaltung gemessen wird. Da das Pirani-Manometer sich bei Druckschwankungen nahezu augenblicklich einstellt, ist ihm überall da der Vorzug vor den Kompressionsmanometern zu geben, wo es sich um Messungen von Gasen bekannter Zusammensetzung handelt. Die Eichkurve des Instrumetes für Luft stimmt auch für Gase von ähnlichem Molekulargewicht wie Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxyd und Argon.

4. Eine genauere Messung läßt sich mit dem Ionisationsmanometer (Abb. 6) ausführen. Kathode, Gitter und Anode einer Dreielektrodenröhre werden in normaler Weise an Batterien angeschlossen. Der Elektronenstrom wird durch Regelung der Heizung der Kathode mit dem Widerstand W auf einen bestimmten Wert eingestellt, der am Milliamperemeter abgelesen wird. Nach dem

Digitized by Google

negativ aufgeladenen Gitter können die Elektronen nicht fließen. Bei vollkommener Luftleere in der Meßröhre würde daher das Galvanometer G keinen Strom anzeigen. Selbst im Hochvakuum sind aber noch viele Gasmoleküle vorhanden, die durch Zusammenstoß mit den Elektronen ionisiert werden. Die positiven Ionen wandern zum negativen Gitter und erzeugen einen Gitterstrom, der mit dem Galvanometer G gemessen wird. Das Verhältnis von Gitterstrom (Ionenstrom) I_+ zu Anodenstrom (Elektronenstrom) i_- ist dem Druck p proportional

$$p = C \frac{I_+}{i} .$$

C ist eine Apparatekonstante.

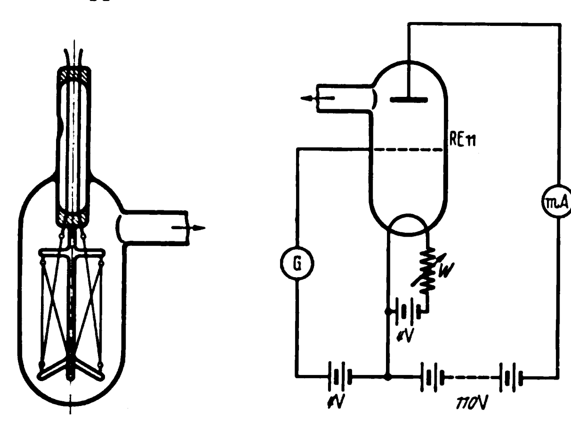


Abb. 5. Hitzdrahtvakuummeter nach Pirani.

Abb. 6. Ionisationsmanometer.

Man kann auch die Anodenspannung an das Gitter der Röhre legen und die Anode als Auffänger für die positiven Ionen benutzen. Dieses Verfahren zeichnet sich vor dem ersten durch seine größere Empfindlichkeit aus. (Um einen Druck von 10^{-6} Torr zu messen, muß das Galvanometer eine Empfindlichkeit von etwa 10^{-9} haben.)

5. Das Molvakumeter (Abb. 7) gestattet die Messung von Drucken zwischen 10 und 10^{-7} Torr nach zwei verschiedenen Verfahren und erlaubt ferner, das Molekulargewicht der vorhandenen Gase zu bestimmen. Das Molvakumeter besteht aus einer sehr dünnen Metallfolie *1*, die in einem Behälter *2* frei drehbar aufgehängt ist. Durch besondere Vorrichtungen ist dafür gesorgt, daß das System nur Dreh-, aber keine Pendelschwingungen ausführen kann. Oberhalb der Folie ist ein kleiner Zeiger *3* und ein Richtmagnet *4* angebracht. Konzentrisch zur Achse der Metallfolie sind an der Wand des Behälters zwei Heizflächen *5* angeordnet. Moleküle, die von den Wänden des Behälters ausgehen und auf die Folie treffen, geben ihre Energie an diese ab. Da die von den beheizten Wandteilen herrührenden Moleküle eine größere Geschwindigkeit haben als diejenigen von den kalten Wandteilen, wird auf die Folie *1* ein Drehmoment, je nach der Lage zwischen den Heizflächen, ausgeübt. Die hierdurch auftretende „thermische Gleichgewichtslage" ist in der Abbildung angedeutet. Sie kann durch Drehen des Behälters in Übereinstimmung mit der elastischen Ruhelage gebracht werden.

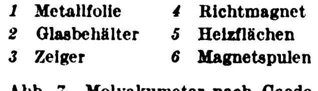
Zur Messung wird der kleine Magnet *4* durch die Spulen *6* um einen bestimmten Wert abgelenkt. Die hierzu nötige Kraft ist proportional dem thermischen Molekulardruck, der seinerseits wieder unterhalb 10^{-3} Torr linear vom Druck (von der Anzahl der vorhandenen Moleküle) abhängt und über 10^{-3} Torr mit dem Druck in einer erfahrungsmäßig zu ermittelnden Beziehung steht. Der zur Ablenkung notwendige Strom wird durch einen Drehwiderstand eingeregelt, an dessen Drehknopf der zugehörige Druck direkt abgelesen werden kann (Verfahren 1).

Genauer wird die Druckablesung, wenn an Stelle der Ablenkung die Schwingungsdauer t des Systems bestimmt wird, die in einfacher Beziehung zum Druck steht. Es ist

$$p = C\left(\frac{1}{t^2} - \frac{1}{t_0^2}\right).$$

Die Differenz $1/t^2 - 1/t_0^2$ ist dem Richtmoment proportional, das der thermische Molekulardruck allein ausübt, und damit dem Druck p der in der Röhre vorhandenen Gase und Dämpfe. C und t_0 sind Apparatekonstanten.

Zur Einleitung der Schwingung erteilt man dem System durch kurzzeitiges Einschalten der Spule *6* einen Stoß. Die Schwingungsdauer liegt zwischen 2 und 15 s. Die relative Genauigkeit dieses Meßverfahrens ist bei Drucken von 10^{-7} Torr etwa 1 %. Eine derartige Genauigkeit ist bisher noch von keinem Hochvakuummeßinstrument erreicht worden (Verfahren 2). Die Güte des erreichten Vakuums kann außerdem aus der Dämpfung der Schwingungen ermittelt werden. Kombiniert man die Messung der Schwingungsdauer, die p anzeigt, mit der Messung der Schwingungsdämpfung, die $p\sqrt{M}$ gibt, so erhält man außer p auch den Wert für das wirksame Molekulargewicht M (Verfahren 3). Zur Messung beobachtet man die Bewegung des Zeigers *3* vor einer gewölbten Skala.



1 Metallfolie, 2 Glasbehälter, 3 Zeiger, 4 Richtmagnet, 5 Heizflächen, 6 Magnetspulen

Abb. 7. Molvakumeter nach Gaede.

Da der Aufbau des Systems sehr empfindlich ist und bei plötzlichem Lufteinbruch zerstört werden kann, so ist es empfehlenswert, ein Sicherheitsventil in die Meßleitung einzubauen.

d) Baustoffe.

Als Baustoff für die Hochvakuumapparatur dient Apparateglas, Hartglas oder Metall. Gummischläuche gasen stark und dürfen daher im Hochvakuumteil nicht verwendet werden. Glasapparate und Röhren bzw. Hähne werden zusammengeschmolzen, Metallteile miteinander verschweißt. Sind Verbindungen zwischen Glas und Metall herzustellen, so werden genormte Schliffe mit Picein oder Apiezonwachs verkittet.

Picein ist ein Kautschukkitt und wird gern im Laboratorium zur Abdichtung und Befestigung von Glasteilen benutzt, weil es bei Zimmertemperatur einen niedrigeren Dampfdruck hat. Es schmilzt bei 80 °C und ist in Xylol löslich.

Schliffe, die häufiger gelöst werden sollen, und Hähne werden mit Apiezonfett gedichtet. Der Dampfdruck dieses Fettes ist so klein, daß man ihn bei Zimmertemperatur nicht messen kann. Ramsayfett hat einen ziemlich hohen Dampfdruck und gibt gelöstes Gas im Hochvakuum ab, so daß es bei Verwendung von Ramsayfett unmöglich ist, zuverlässige Drucke unter 10^{-3} Torr im Rezipienten zu erzielen. Hähne sind stets eine gefährliche Quelle für Undichtigkeiten. Auf ihre Güte ist besonders Wert zu legen. Hähne sind, wenn irgend möglich, zu vermeiden,

Digitized by Google

da sie erstens die Sauggeschwindigkeit der Pumpe stark drosseln und zweitens beim Drehen Gas in das Hochvakuum verschleppen, selbst wenn sie mit dem besten Fett gedichtet sind. Die Verbindungsleitungen von der Diffusionspumpe bis zum Versuchskolben müssen möglichst kurz und weit sein. Der Leitungsquerschnitt des Ansaugstutzens der Pumpe soll nicht unterschritten werden. Dieser ist so bemessen, daß eine gleichweite Rohrleitung von 1 m Länge bei einem Druck von 1 Torr die Sauggeschwindigkeit der Pumpe um 5 % drosselt. Bei niedrigen Drucken ist es entsprechend mehr. Ausfriertaschen sind also dementsprechend aus weiten Röhren herzustellen.

e) Entgasung.

Bei der Herstellung werden alle Apparateteile mehr oder weniger verunreinigt. Glas überzieht sich während des Blasens mit einer Wasserhaut. Alle Teile sind daher vor dem Zusammenbau so sorgfältig wie möglich zu reinigen. Namentlich ist bei den Metallteilen auf die Entfernung des Fettüberzuges zu achten. Das Verblasen von Glasapparaturen muß unter Zwischenschaltung eines Chlorkalziumrohres erfolgen. Trotz aller Reinigungsmaßnahmen wird auf den Gefäßoberflächen noch eine Gashaut verbleiben, die durch Pumpen allein nicht entfernt werden kann. Die Beseitigung dieser Gasreste ist aber unumgänglich notwendig, wenn Arbeiten im höchsten Vakuum beabsichtigt sind, oder wenn geschlossene Vakuumgefäße gebaut werden sollen, die nach dem Abschmelzen nicht nachgasen dürfen. Die Glasgefäße werden daher während des Pumpens von außen so hoch und solange wie möglich erhitzt.

Die Entgasung des Elektrodensystems während des Pumpvorganges erfolgt nach verschiedenen Verfahren: Erhitzung durch direkten Stromdurchgang (Glühkathoden), Hochfrequenzerhitzung und Elektronen- bzw. Ionenbombardement.

1. Die Ofenerhitzung erfolgt in der Regel durch strom- oder gasbeheizte Kastenöfen, die an einem Trägergestell befestigt und ausgewogen sind, so daß sie sich leicht auf- und abschieben lassen. Vorteilhaft ist es, wenn man jede Kastenwand einzeln heizen und nach Art der Heizkissenschaltung in der Wärmeabgabe regeln kann. Die Erhitzung des Gaskolbens dient zur Entgasung der inneren Oberfläche; doch erfolgt dabei auch eine merkliche Entgasung der Metallteile, insbesondere solcher, die nicht vorentgast wurden. Glühkathoden sind vor der Ofenheizung durch direkten Stromdurchgang zu entgasen. Zweckmäßigerweise erfolgt das Hochheizen langsam und mit Zwischenpausen. Um eine spätere Gasabgabe zu vermeiden, muß die Kathode kurzzeitig überlastet werden.

2. Bei der Hochfrequenzerhitzung erfolgt das Glühen der Elektroden durch das elektromagnetische Wechselfeld einer außerhalb der Röhre liegenden Spule. Für Glühspulen nimmt man einlagige, freitragende, luftgekühlte Rohr- oder Bandspulen, die durch Asbestgewebe gegen direkte Berührung mit der Glaswand geschützt sind.

Zur Erzeugung der Hochfrequenz verwendet man teils Funkenstrecken-, teils Röhrengeneratoren. Die ersteren haben den Vorzug größerer Einfachheit, Robustheit und geringeren Raumbedarfs, benötigen jedoch, wenn sie konstant arbeiten sollen, eine häufige Reinigung der Funkenstrecke. Die Leitung vom Generator zur Glühspule muß möglichst kurz sein oder als Hochfrequenzenergieleitung ausgeführt werden.

1 Ölpumpe
2 Wasserstrahlpumpe
3 Diffusionspumpe
4 Vorvakuumkolben
5, 13 Kühltaschen für flüssige Luft
6, 7, 9, 12 Glashähne
8 Kontaktmanometer
10 Photozelle
11 Trockenvorlage
14 Dewardgefäß
15 verkürztes Manometer
16 Schleuse
17 Sauerstoffbehälter
18 Molvakumeter
19 Ofen
20 Kontaktthermometer

Abb. 8. Aufbaubeispiel einer Hochvakuumanlage.

Der Röhrensender ist dem Funkengenerator hinsichtlich der Leistungsregelung, der Gleichmäßigkeit der Leistungsabgabe und des Wirkungsgrades überlegen. Bei der Hochfrequenzentgasung entsteht in der Vakuumröhre durch die Gasabgabe der Metallteile eine Druckerhöhung, deren Größe von der Pumpensaugleistung und dem Strömungswiderstand der Pumpleitung abhängt (Abschmelzkapillare). Die beste Entgasung wird daher durch stoßweise Erhitzung erzielt, weil die Pumpe das freiwerdende Gas sofort absaugt, ehe es sich an der kalten Wandung niederschlägt. Beim Dauerglühen entsteht ein zu hoher Gasdruck, der die Gasabgabe der glühenden Teile stark herabsetzt und unerwünschte chemische Reaktionen mit den empfindlichen Kathoden hervorrufen kann. Ein Maß für den Gasdruck gibt die Leuchtdichte der vom Hochfrequenzfeld angeregten Gasreste, aus deren Farbe man auch auf die Art des ausgetriebenen Gases schließen kann. Setzt die leuchtende Entladung ein, so schaltet man den Glühsender vorübergehend ab.

Die Verdampfung von in der Vakuumröhre befindlichen Gettern wird nach Abschluß, manchmal auch schon

Digitized by Google

teilweise während des Entgasungsvorganges durch Hochfrequenz vorgenommen.

3. In Röhren, bei denen Metallmäntel eine Hochfrequenzerhitzung des Elektrodensystems verhindern (Senderöhren, Großgleichrichter), kann die Entgasung auf der Pumpe nur durch Elektronen- oder Ionenbombardement erfolgen. In allen Vakuumröhren, die eine genügend stark emittierende Elektronenquelle besitzen, ist die Erhitzung durch Elektronenbombardement anwendbar. Sie besteht darin, daß die zu entgasenden Elektroden eine so hohe positive Spannung gegenüber der Elektronenquelle erhalten, daß sie durch die Energie der auftreffenden Elektronen genügend hoch erhitzt werden.

Das Elektronenbombardement ist das wirksamste Entgasungsverfahren, weil dabei die Temperaturverteilung der entgasten Teile dem späteren Betriebszustand am nächsten kommt. Außerdem kann man nur auf diese Weise Elektrodenteile, die von einem Hochfrequenzentgasungsfeld schwer erfaßt werden können (Gitter in Elektronenröhren) genügend hoch erhitzen und durch geeignete Spannungsverteilung an den einzelnen Elektroden diejenige Temperaturverteilung erzwingen, die zur Verhinderung von Niederschlägen notwendig ist.

4. Zur Unterstützung des Pumpprozesses bei der Röhrenherstellung und zur Aufrechterhaltung des Vakuums trotz abgegebener Gasreste in abgeschmolzenen Röhren nutzt man Sorptionserscheinungen der Gase an festen bzw. vorübergehend dampfförmigen Stoffen aus. Vor dem Aufsetzen auf die Pumpe wird innerhalb der Röhre in einem kleinen Behälter das sogenannte „Gettermetall" (Erdalkalimetalle Mg, Ba) eingebracht. Nach Erreichen der Glühtemperatur mit Hilfe eines Hochfrequenzfeldes verdampft es schnell und setzt sich als Spiegelbelag an der inneren Glaswand fest, wobei alle Gasreste von dem verdampfenden Metall okkludiert werden.

f) Beispiel einer Hochvakuumanlage.

Die Anordnung der für den Bau von Röhren bzw. Photozellen notwendigen Apparate geht aus der Abb. 8 hervor. Das Vorvakuum stellt die Ölpumpe *1* oder die Wasserstrahlpumpe *2* her. Zunächst wird von der Diffusionspumpe *3* das Vorvakuumgefäß *4* über die Hochvakuumseite leergepumpt. Alsdann kann die Ölpumpe abgeschaltet werden, und das Vorratsgefäß *4* nimmt nach Umschalten der Hähne *6* und *7* die geringen Gasmengen aus der Hochvakuumseite auf. Das verkürzte Manometer *8* zeigt den Druck im Vorvakuumkolben an, und das Quecksilber gibt Signalkontakt, wenn das Vorvakuum auf den Druck von 1 bis 2 mm Hg gefallen ist. Über der Stahlpumpe *3* ist eine große Kühltasche *5* angebracht. Diese dient dazu, Quecksilberdämpfe, die von der Diffusionspumpe kommen, zu kondensieren. Die Kühltasche wird deshalb mit flüssiger Luft, die eine Temperatur von $\approx -190\,^\circ$C hat, gefüllt. Ein Hochvakuumhahn *9* trennt den Rezipienten *10* von der Saugleitung der Diffusionspumpe. Dieser Hahn wird geschlossen, wenn 1. zum Rezipienten Gas eingelassen wird, 2. der Versuchskolben über Nacht an der abgeschalteten Pumpe bleibt, 3. bei arbeitender Pumpe wegen Bruch eine neue Zelle vom Glasbläser angesetzt wird. Der Glasbläser bläst hierbei über die Chlorkalziumvorlage *11* und den Hahn *12* in die Hochvakuumseite. In einem solchen Fall wird die neuangesetzte Zelle dann über den Hahn *12* von der Ölpumpe *1* ausgepumpt, ehe sie wieder an die Saugleitung der Diffusionspumpe über Hahn *9* angeschlossen wird. Zwischen dem Hahn *9* und dem Rezipienten *10* ist noch einmal eine Kühltasche *13* eingesetzt, um auch Fettdämpfe, die von den Hähnen und vom Rezipienten beim Ausheizen kommen, festzuhalten. Diesmal wird die Falle *13* in ein mit flüssiger Luft gefülltes Dewardgefäß *14* getaucht. Am Nebenrohr zu Hahn *12* ist über ein Sicherheitsventil das Molvakumeter *18* angeschmolzen. Dieses dient entweder dazu, die Güte des Hochvakuums zu bestimmen oder den Druck des über die Schleuse *15* und *16* eingelassenen Gases (O_2) zu messen. Ein verkürztes Manometer an Schleuse *15* gibt den O_2-Druck in dieser an. Wird ein neuer O_2-Kolben angesetzt, so ist darauf zu achten, daß zunächst die Schleusen auf Hochvakuum gepumpt, ehe sie geschlossen werden, und die Verschlußkapillare am Sauerstoffkolben mit Hilfe eines eingeschmolzenen Eisenkernes und eines Magneten aufgeschlagen wird. Der Ofen *19* dient zum Ausheizen des Rezipienten. Das Kontaktmanometer *20* gibt Signal oder schaltet über ein Relais selbsttätig den Ofen aus, wenn er eine bestimmte Temperatur erreicht hat.

2. Anwendungsbeispiele.

a) Photozellen.

Hochvakuumanlagen ermöglichen es, Elektronenröhren herzustellen. Den einfachsten Aufbau hat die Photozelle. Ihre Aufgabe ist es, Helligkeitswerte in entsprechende Stromwerte zu verwandeln. Damit dieses trägheitslos geschieht, bringt man ein Alkalimetall mit möglichst kleiner Austrittsarbeit und einer Farbempfindlichkeit, die der unseres Auges am nächsten kommt, in einen gut evakuierten Glaskörper. Die Alkalischicht dient als Kathode. Als Anode genügt ein Drahtnetz. Legt man an beide über einen Widerstand eine Spannung, so fließt bei Dunkelheit kein Strom. Fällt aber Licht auf die Kathode, so treten dort Elektronen aus und wandern zur Anode. Die Anzahl der austretenden Elektronen ist der auffallenden Lichtmenge proportional. Der Spannungsabfall am Widerstand *W* (Abb. 9) wird dem Gitter der ersten Verstärkerröhre zugeführt.

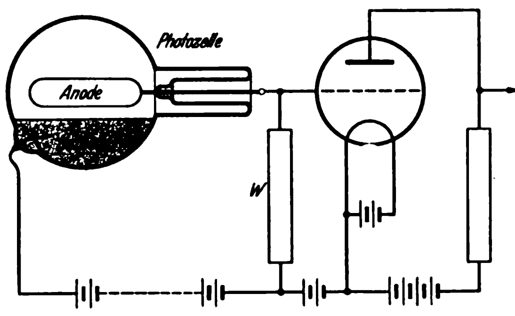


Abb. 9. Schaltbild einer Photozelle.

Die Photozelle besteht aus einem kugelförmigen, zylindrischen oder linsenförmigen Glaskörper, der innen auf einer Seite chemisch versilbert wird. Ein dünner Platindraht geht durch die Glaswand und stellt den Kontakt mit der Silberschicht, der späteren Kathode, her. Die Anode besteht aus einem vakuumgeschmolzenen Nickeldrahtbügel oder einem Nickelnetz. Die Anodeneinführung geht durch einen Quetschfuß und ist in einem Halsansatz eingeschmolzen. Dieser ist absichtlich sehr lang gehalten, um spätere Kriechströme von der Kathode zur Anode zu vermeiden. Mit einem seitlichen Glasstutzen ist die Zelle über eine Abschmelzkapillare mit der Hochvakuumapparatur verbunden. Ihr gegenüber befindet sich der sogenannte Füllstutzen. In ihm liegt ein kleines Nickelröhrchen, in welches vorher ein Gemisch von Caesiumchromat mit Zirkon eingebracht wurde. Sobald die Zelle auf Hochvakuum gepumpt ist, wird sie in einem elektrischen Ofen auf 450 °C erhitzt, damit die an der Wandung haftenden Gasreste ausgetrieben werden. Nach dem Abkühlen wird über die Schleusen reiner Sauerstoff in die Zelle eingelassen und die Silberschicht bei einem O_2-Druck von 0,2 bis 0,3 Torr und einer Spannung von 400 bis 800 V Gleichstrom oxydiert. Aus der Farbe der Oxydschicht kann man auf deren Schichtstärke schließen. Für Caesiumkathoden hat sich eine blaue Färbung als günstig erwiesen. Nachdem der Sauerstoff ausgepumpt ist, kann die kleine Nickelkapsel mit dem Caesiumsalz mit Hilfe des Glühsenders erhitzt werden, so daß durch die größere Affinität des Zirkons zum Chromat

$$2\,Cs_2\,Cr\,O_4 + Zr = 4\,Cs + Zr\,(Cr\,O_4)_2$$

reines metallisches Caesium im Röhrchen frei wird. Nun

Digitized by Google

beginnt man das Caesium vorsichtig in die Zelle einzudampfen. Die Silberschicht verfärbt sich dabei abermals. Hat die Kathode die erfahrungsmäßig richtige Färbung angenommen, so wird der Füllstutzen abgeschmolzen und die Zelle im Ofen auf 180 bis 200 °C erhitzt. Danach kann die Photozelle abgezogen und im Prüfstand gemessen werden. Gute Photokathoden haben eine Empfindlichkeit von 30 bis 60 µA/Lumen.

b) Sekundärelektronenverstärker.

Etwas schwieriger ist die Anfertigung von Sekundärelektronen-Verstärkerzellen. Die Photozelle liefert nur sehr schwache Ströme. Durch Anwendung der Sekundäremission gelingt es aber, den von der Kathode abgehenden Elektronenstrom in derselben Zelle auf ein Vielfaches zu verstärken. Sekundärelektronenverstärker haben zu diesem Zweck nicht nur eine, sondern mehrere Anoden, die hintereinander angeordnet sind. Jede Elektrode besitzt gegenüber der vorhergehenden eine etwas höhere positive Spannung. Um besonders viele Sekundärelektronen auszulösen, sind die Elektroden mit dem leicht emittierenden Caesium überzogen. Der Verstärkungsfaktor von einer Elektrode zur nächsten liegt zwischen 2,5 und 4, bei Silberplatten zwischen 6 und 8 (Abb. 10). Schaltet man viele Gitter hintereinander, so kann man die Verstärkung beliebig hoch treiben.

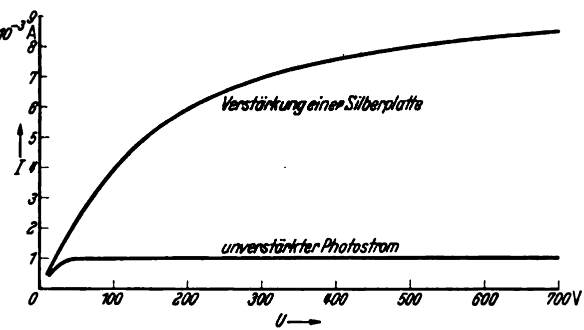


Abb. 10. Sekundärelektronenverstärkung an Silber.

In der Praxis werden Zellen mit einer Verstärkung von 10^3 bis 10^6 benutzt. Es ist selbstverständlich, daß eine so hoch empfindliche Zelle, welche z. B. in der Abtastkabine einer Gegensehstation oder am Filmprojektor angebracht ist und eine Kathodenstrahlröhre direkt steuert, vor plötzlichem Tageslichteinfall geschützt werden muß. Die Folge wäre eine völlige Zerstörung des Systems. Das feine Silbernetz verträgt eine Belastung von $\approx$ 0,3 mA/cm², so daß bei normalem Betrieb ein Strom von 5 mA im Anodenkreis fließen darf. Auf die Kathode fallendes Tageslicht verursacht eine weit höhere Stromstärke, so daß die Gitter glühen und schmelzen.

Der Verwendungszweck bestimmt die äußere Formgebung der Zelle. Kathoden für Abtastkabinen müssen groß und offen sein. Für Filmgeber eignet sich eine Kugelkathode mit kleinem Fenster. Der Aufbau des Systems ist jedoch derselbe. An einem langen Glaszylinder wird ein Fuß angeschmolzen, der die mechanische Anordnung trägt (Abb. 11). An einer Glasgabel sind die Elektroden übereinander befestigt. Es sind Nickelblechringe mit aufgeschweißtem Feinsilbernetz. Der zylindrische Ring ist zur Konzentration der Sekundärelektronen notwendig. Zwischen je zwei Gittern beträgt der Spannungsunterschied 150 V. Die benötigte Spannung wird einem eingebauten Spannungsteiler, der unter dem Elektrodensystem angebracht ist, entnommen (Abb. 12). Die Widerstände des Spannungsteilers werden in kleine Röhrchen eingeschmolzen und abgepumpt, damit sie später in der Zelle kein Gas abgeben können. Ihre Ausmaße sind so zu wählen, daß sie im Betrieb nicht zu warm werden. Um ein Zusammenbrechen der Spannung zu vermeiden, muß der fließende Querstrom 5 bis 10 mal so groß sein, wie der später auftretende Sekundärelektronenstrom. Das erste Verstärkungsgitter ist kegelförmig ausgebildet, damit es möglichst weit in die Kathodenkugel hineinragt und alle Elektronen absaugt. Um Wandladungen zu vermeiden, wird am Eingang zum Verstärkerzylinder eine gut abschließende Nickelblechblende eingebaut. Sie dient außerdem zur Konzentration des Elektronenstromes und ist ebenfalls am Spannungsteiler angeschlossen. Außer der zur Oxydation der Kathode notwendigen Hilfsanode und der Anode führen nur Anfang und Ende des Spannungsteilers durch den Fuß der Zelle. Die Hilfsanode wird später mit der Kathode verbunden, so daß nur noch drei Anschlüsse übrigbleiben. Um den Kolben an der Pumpe gut und gleichmäßig mit Caesium beschicken zu können, werden mehrere Füllstutzen am Zylinder angesetzt. Vor dem Ausheizen werden mit Hilfe eines Hochfrequenzfeldes alle Elektroden auf Rotglut gebracht. Sodann geht die Fertigstellung ähnlich wie bei der einfachen Photozelle vor sich.

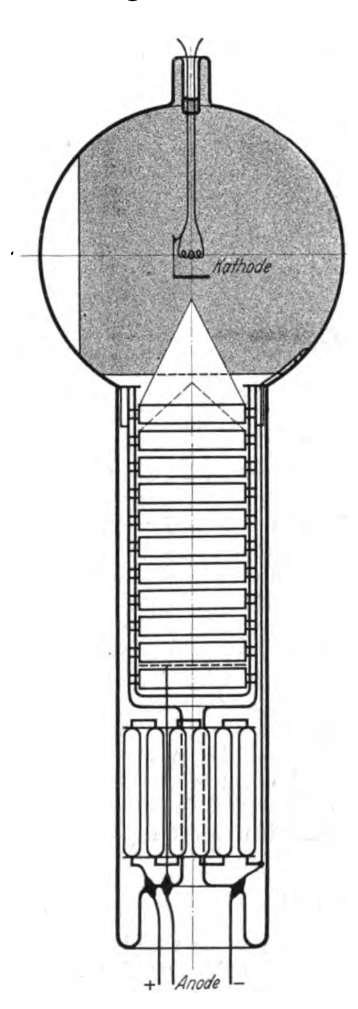


Abb. 11. Sekundärelektronenverstärkerzelle mit Kugelkathode.

Die Vorteile des Sekundärelektronenverstärkers liegen einerseits in dem geringen Rauschpegel, der nur $\sim \frac{1}{200}$ der eines Verstärkers ist, anderseits in dem praktisch unbegrenzten Frequenzbereich. Er hat daher dort, wo es auf die Verstärkung von freifliegenden Elektronen ankommt, den normalen Verstärker verdrängt.

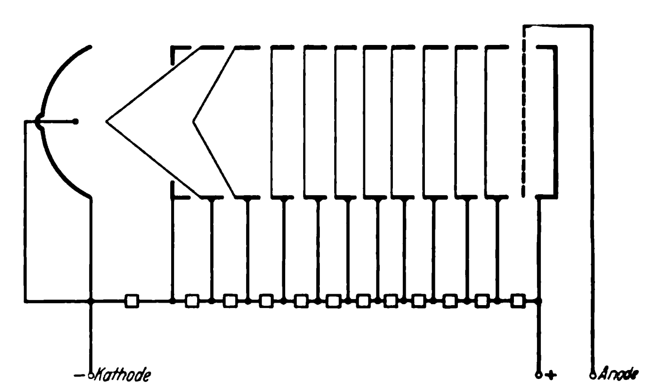


Abb. 12. Schaltskizze einer Sekundärelektronenverstärkerzelle.

Zusammenfassung.

Apparate und Instrumente, die in der Hochvakuumtechnik Verwendung finden, werden besprochen. Ein Aufbaubeispiel eines Hochvakuumpumpstandes und ein Anwendungsbeispiel für die Herstellung von Photozellen und Sekundärelektronenverstärker sollen einen Einblick in die Praxis geben.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.311.21(41)

Wasserkraftanlagen in Großbritannien. [Nach J. E. Macfarlane, Electr. Engr. 7 (1939) S. 620; 4 S., 9 Abb.]

Die Organisation des britischen Elektrizitäts-Versorgungsamtes hat auf den Ausbau der Wasserkräfte, die vom Abnehmer weit entfernt in Schottland verfügbar sind, außerordentlich befruchtend gewirkt; denn erst durch die Schaffung und Erweiterung des Hochspannungnetzes in Nordengland und Schottland waren die Voraussetzungen einer Verbundwirtschaft mit den Dampfwerken gegeben, die in England und Wales bisher fast restlos den Strombedarf deckten.

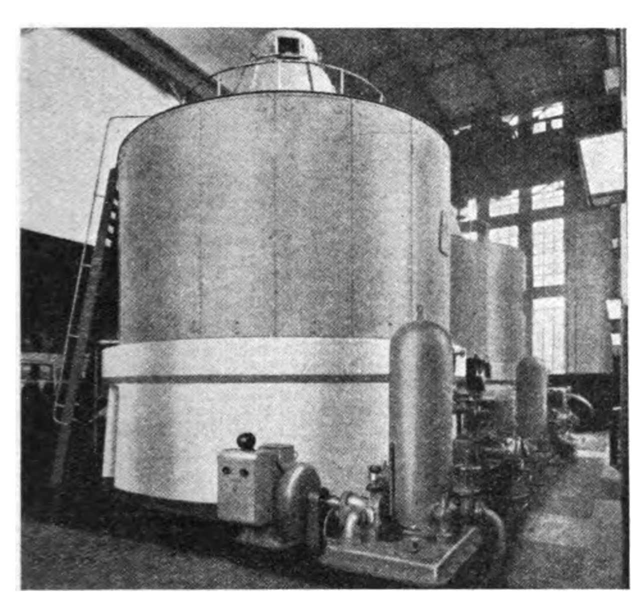


Abb. 1. Innenansicht des Glenlee-Kraftwerkes.

Bisher sollen etwa 400 000 PS an Turbinenleistung neu installiert worden sein, die sich auf eine große Anzahl mittlerer und kleiner Einheiten verteilen. Im Lochaber Kraftwerk der North British-Aluminium Company sind fünf Einheiten von je 10 000 PS aufgestellt, von denen jede mit zwei Gleichstromerzeugern gekuppelt ist. Im Kinlochleven-Werk derselben Gesellschaft sind die zehn im Jahre 1906 aufgestellten Maschinensätze erneuert worden; sie leisten jetzt je 2900 PS. Die beiden für die öffentliche Stromversorgung errichteten Werke Bonnington und Stonebyres im Tal des Clyde-Flusses sind ebenfalls erneuert worden; im erstgenannten stehen jetzt 2 × 6220 PS und in Stonebyres 2 × 3800 PS zur Verfügung. Die Kraftwerksgruppe Galloway umfaßt fünf Werke mit insgesamt 136 000 PS Turbinenleistung; zwei dieser Wasserkraftanlagen Carsfad und Earlstown mit je zwei Einheiten von 8000 PS werden vom Werk Glenlee, wo 2 × 18 800 PS installiert sind, ferngesteuert. Die Anordnung der Stromerzeuger auf den Stützringen ohne Zwischendecke im Krafthaus wird im Originalaufsatz betont und verdient Beachtung nicht nur wegen der besseren Übersicht und leichteren Bedienung, sondern auch wegen der Ersparnis an Baukosten.

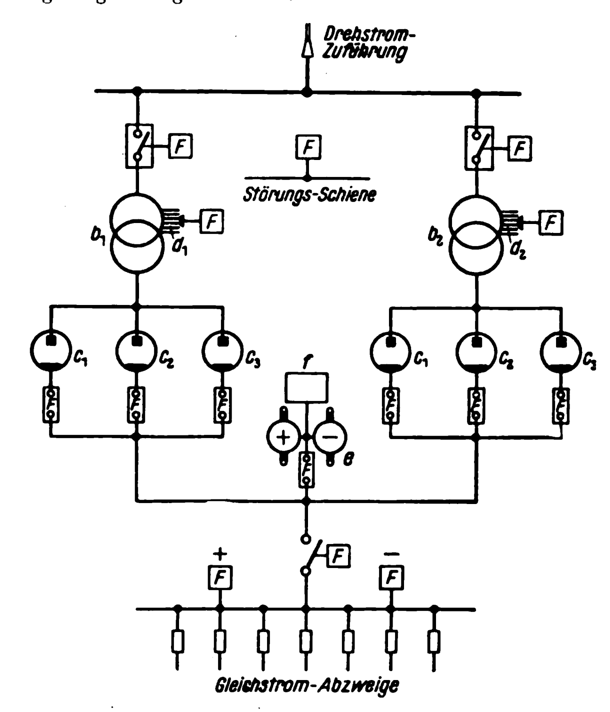
Zwei weitere Wasserkraftwerke größerer Leistung sind: das Werk am Loch Rannoch, das den Höhenunterschied zwischen diesem See und dem Loch Ericht in drei Maschinensätzen von je 22 000 PS ausnutzt, und das Tummel-Kraftwerk, in welchem 2 × 24 000 PS installiert sind. *Ui.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.398.07 : 621.314.65

Ferngesteuerte und selbsttätige Stromrichteranlagen. [Nach E. Schröder, Siemens-Z. 19 (1939) S. 78; 9 S., 18 Abb.]

Der Stromrichter eignet sich wegen seines einfachen Anlaßvorganges (Fortfall des Synchronisierens, Polarisierens und vorherigen Spannungsvergleiches) vorzüglich für den ferngesteuerten oder selbsttätigen Betrieb. Die für diese Betriebsarten erforderlichen zusätzlichen Einrichtungen werden größtenteils aus normalen, reihenmäßig hergestellten Apparaten gebildet. Nur selten werden für bestimmte Aufgaben, die häufig in gleicher Form wiederkehren, eigens entwickelte Einrichtungen benutzt, so daß selbst umfangreiche Anlagen sich vielfach aus kleinsten Bausteinen zusammensetzen, die in sinnvoller Weise zusammengeschaltet alle erforderlichen Schaltvorgänge und Verriegelungen möglich machen.



F Fernsteuerung, Fernmessung, Fernüberwachung; $b_{1,2}$ Umspanner; $c_{1,2,3}$ Stromrichter; $d_{1,2}$ Spannungsregeleinrichtungen; *e* Spannungsteiler; *f* selbsttätiger Anlasser

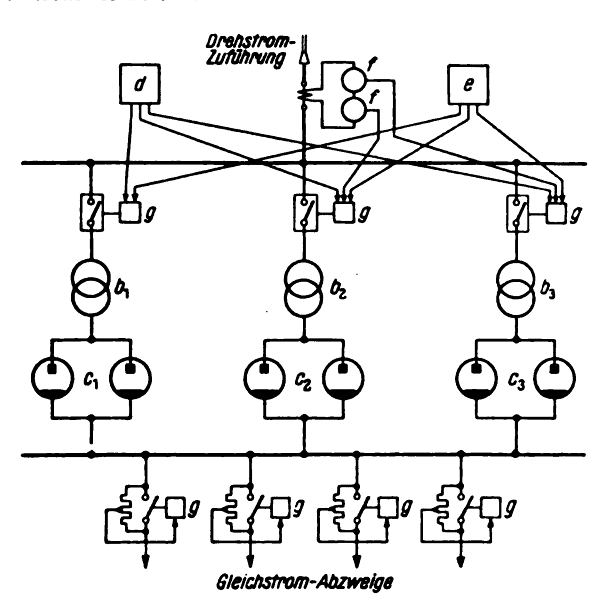
Abb. 2. Übersichtsschaltbild einer ferngesteuerten Glasstromrichteranlage für Netzbetrieb.

Ferngesteuerte Anlagen wird man möglichst sowohl in der Bedienung als auch in der Überwachung den handbedienten Anlagen anpassen. Dagegen spricht aber der Kostenaufwand für das Verbindungskabel und die Fernsteuergeräte; man wird also nur diejenigen Aufgaben mit der Fernsteuerung erfassen, die für den ordnungsgemäßen Betrieb notwendig sind. Abb. 2 zeigt das Übersichtsschaltbild einer ferngesteuerten Glasstromrichteranlage für Netzbetrieb, in welchem alle durch die Fernsteuerung erfaßten Einrichtungen mit einem „*F*" gekennzeichnet sind. Es gibt grundsätzlich zwei Arten von Fernsteuerungen, und zwar die durch Vielfachkabel und die durch Übertrager, bei welchen nur zwei bis vier Adern notwendig sind. Welche von beiden für einen bestimmten Fall die zweckmäßigste ist, wird durch den Kostenaufwand entschieden, der nach Entfernung und Umfang verschieden sein wird. Die Entwicklung einer Reihe von leitungsparenden Schaltungen hat den Anwendungsbereich für die Steuerung mittels Vielfachkabel besonders bei städtischen Gleichstromnetzen vergrößert.

Bei selbsttätigen Stromrichteranlagen haben sich grundsätzlich zwei Arten ergeben, und zwar eine für Bahnbetrieb, die abhängig von der Zeit betätigt wird, und eine für Netzbetrieb, deren Betätigung von dem Bedarf des Netzes abhängig gemacht wird. Für selbsttätige Anlagen ist die Verwendung einer Wiedereinschaltevorrichtung kennzeichnend; ihre Aufgabe besteht darin, im Störungsfalle die sonst durch den Maschinenwärter ausgeführte Tätigkeit nachzuahmen. In gewissen einstellbaren Zeitabständen wird dreimal ein Einschaltimpuls gegeben. Bei einer Dauerstörung wird der betreffende Anlageteil gesperrt,

Digitized by Google

eine etwa zur Verfügung stehende Reserve eingeschaltet und die Störung gemeldet. Abb. 3 zeigt das Übersichtsschaltbild einer selbsttätigen Stromrichteranlage für Bahnbetrieb, deren Gefäße aus pumpenlosen Klein-Eisenstromrichtern bestehen. Kennzeichnend für eine Bahnanlage ist die Verwendung selbststeuernder Streckenschalter, die nach dem Auslösen durch Überstrom die Strecke abtasten und sich erst dann einschalten,



$b_1 \ldots _3$ Umspanner
$c_1 \ldots _3$ Stromrichtergefäße
d Zeitschaltuhr
e Wiedereinschalteeinrichtung
f Zu- und Abschalteeinrichtungen
g Schalterantriebe

Abb. 3. Übersichtsschaltbild einer selbsttätigen Stromrichteranlage für Bahnbetrieb.

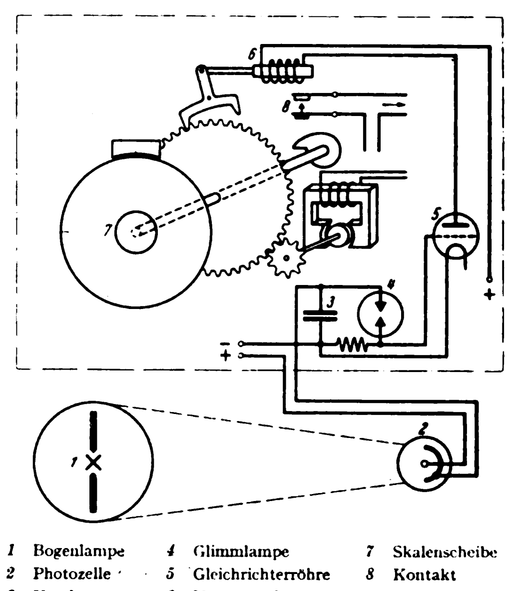
wenn der von ihnen gespeiste Streckenabschnitt kurzschlußfrei ist. Für eine Netzanlage kann als normaler Bestandteil die selbsttätige Spannungsregelung und die selbsttätige Strombegrenzung angesehen werden. — Die Wirkungsweise der einzelnen Einrichtungen ist in der Arbeit beschrieben und ihre Einfügung in die Gesamtanlage dargestellt. *eb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 535.241.46 : 621.383.08

Neuer photoelektrischer Belichtungsmesser. [Nach J. L. Michaelson, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 92; 2 S., 5 Abb.]

Eine richtige Feststellung der Belichtungsdauer ist durch die meisten photographischen Belichtungsmesser nur dann möglich, wenn sich die Lichtstärke während der Belichtungszeit nicht ändert. Werden z. B. Bogenlampen als Lichtquelle benutzt, so trifft diese Voraussetzung nicht zu, weil die Lichtstärke in diesem Fall von Spannungsschwankungen beeinflußt wird und auch Dichteänderungen der Kohle unterliegt, so daß Fehlbelichtungen eintreten können. Der in Abb. 4 schematisch dargestellte photoelektrische Belichtungsmesser ermöglicht durch Integration der Lichtstärke-Zeitkurve für diesen und ähnliche Fälle jedoch eine richtige Belichtung. Ein Teil des von der Bogenlampe (*1*) ausgehenden Lichtes fällt auf eine Photozelle (*2*), deren der Lichtstärke der Bogenlampe verhältnisgleicher Strom zum Aufladen eines Kondensators (*3*) benutzt wird und zwischen 50 und 180 V von der Anodenspannung der Röhre nahezu unabhängig ist. Damit ist aber auch die Ladung des Kondensators verhältnisgleich der photographischen Belichtung. Sobald der Kondensator auf einen bestimmten Wert aufgeladen ist, entlädt er sich über eine Glimmlampe (*4*) und einen damit in Reihe liegenden kleinen Widerstand, um sodann von neuem aufgeladen zu werden. Der Spannungsabfall an diesem mit dem Gitter einer Gleichrichterröhre (*5*) verbundenen Widerstand steuert den Anodenstrom dieser Röhre, der über die Magnetspule (*6*) des Hemmwerkes einer Zählvorrichtung geleitet wird. Diese Zählvorrichtung gestattet, als Belichtungsmaß die Zahl der Kondensatorentladungen während der Belichtung festzustellen. Die Einstellung der auf der Welle des Zählwerkes sitzenden Skalenscheibe (*7*) auf eine bestimmte Belichtungsdauer erfolgt von Hand. Nach Ablauf der eingestellten Belichtungszeit schließt ein in dem Gerät angeordneter Kontakt (*8*) einen Melde- oder Auslöserstromkreis, durch den die Bogenlampe abgeschaltet wird. Da die Vorrichtung den Lichtstärkeschwankungen



1 Bogenlampe
2 Photozelle
3 Kondensator
4 Glimmlampe
5 Gleichrichterröhre
6 Magnetspule
7 Skalenscheibe
8 Kontakt

Abb. 4. Schematische Darstellung des Mechanismus eines integrierenden Belichtungsmessers.

während der Belichtungszeit Rechnung trägt, werden Fehlbelichtungen mit Sicherheit vermieden. Die Genauigkeit der Belichtung beträgt etwa $\pm$ 3%, sofern die Lichtstärkeschwankungen das Verhältnis 30: 1 nicht übersteigen. *O. N.*

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905), wird dem System [80] folgende Elektrizitätszählerform als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System [80], die Form DCR, Magnetmotorzähler für Gleichstrom, hergestellt von der Firma Heliowatt-Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 31. Januar 1939.

Bekanntmachung[2])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) sind die folgenden Spannungswandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reich zugelassen und ihnen die beigesetzten Systemzeichen zugeteilt worden:

I. System [44], die Formen BVWP 10, BVWP 20 und BVWP 30, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom,

II. System [45], die Formen BVWP 10e, BVWP 20e und BVWP 30e, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 11. Februar 1939.

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 138. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

[2]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 198. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

Digitized by Google

„Bekanntmachung[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden dem System [25] folgende Stromwandlerformen als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System [25], die Formen A3P1aY und A10P1aY, Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von den Siemens-Schuckertwerken, Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 28. Februar 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung:
Möller."

Verkehrstechnik.

DK 625.42 + 629.114.5

Die öffentlichen Verkehrsmittel in Paris — U-Bahn und Omnibusse. [Nach W. Hamacher, Verkehrstechn. 20 (1939) S. 53; 5½ S., 13 Abb.]

Den Hauptverkehr des Stadtkernes von Paris in einem Umkreis von etwa 7 km um den Mittelpunkt bewältigt die Untergrundbahn mit ihren 178 km Streckenlänge und 347 Bahnhöfen. Zahlreiche Stichlinien gehen zu den Vororten bis an die Stadtgrenze. Das Pariser Untergrundbahnnetz ist das dichteste der Welt und auf ihm herrscht die größte Verkehrsdichte je Streckenkilometer von allen Untergrundbahnen. Im Jahre 1937 wurden etwa 140 Mill Wagenkilometer gefahren und 840 Mill Fahrgäste befördert. Der mittlere Halteabstand beträgt 510 m. Die Bahnsteige für die beiden Fahrtrichtungen sind immer getrennt. Für die Betriebssicherheit sind zweckmäßige Einrichtungen vorhanden, so wird z. B. der Zugang zu einem Bahnsteig selbsttätig geschlossen, sobald ein Zug einläuft. Von den 1377 Trieb- und 1383 Beiwagen sind die meisten in Ganzstahlbauart ausgeführt, die ziemlich geräuschvoll laufen. Neue Leichtbauzüge mit größerem Anfahr- und Bremsvermögen und selbsttätiger Zentralkupplung sind in Auftrag gegeben. In 25 Umformwerken wird der Drehstrom von 10 kV, 50 Hz in Gleichstrom von 600 V umgeformt. Etwa 60% dieser Werke haben Umformer, die übrigen Gleichrichter. Der Arbeitsverbrauch im Jahre 1937 betrug 325 Mill kWh. Die Vorortsstrecke Luxembourg—Sceaux—Massy-P. hat bei 19,5 km Betriebslänge einen mittleren Halteabstand von 1,24 km, sie hat Oberleitung mit 1500 V Fahrdrahtspannung. Die selbsttätige Signaleinrichtung mit vier Signalstellungen gestattet Höchstgeschwindigkeiten von 80 km/h selbst bei Zugabständen von 2½ min. Die Durchführung des Verkehrs auf dieser Strecke bereitet große Schwierigkeiten, weil auf den einzelnen Abschnitten starke Unterschiede der Verkehrsdichte herrschen und an Sonntagen außerordentlich starker Ausflugsverkehr zu bewältigen ist. Während auf den Vorortstrecken nach Teilstrecken abgestufte Fahrpreise gelten, hat das städtische Netz nur einen Einheitspreis mit beliebigem Umsteigen für die 2. und 1. Wagenklasse.

Die Straßenbahn ist in Paris innerhalb des Stadtkernes dem Omnibus gewichen. Am 1. 1. 1938 waren auf 215 Linien mit 1890 km Streckenlänge insgesamt 3653 Omnibusse im Verkehr. Das Fassungsvermögen der neuen Omnibusse, bei denen der Führersitz über dem Motor bis hart an die Vorderwand herangerückt ist, beträgt 56 Plätze. Die Wagen führen gepolsterte Sitzplätze 1. und 2. Klasse. Sie zeichnen sich durch gutes Wendevermögen, großes Anzugsmoment und ausgezeichnete Bremsen aus. An den Haltestellen entnimmt der Fahrgast einen Nummernzettel, und die Zulassung in den Wagen erfolgt in der Reihenfolge der Nummern, weil nur soviel Fahrgäste mitgenommen werden, wie Plätze vorhanden sind. Zur Fahrscheinausgabe hat der Schaffner einen Fahrscheindrucker, der gleichzeitig seine Abrechnung besorgt. Die Fahrpreise sind nach Teilstrecken gestaffelt, es werden Fahrscheinhefte mit 20 Teilstreckenabschnitten verabfolgt und von diesen je nach der Entfernung und Wagenklasse mehrere Abschnitte entwertet. Umsteigeberechtigung oder Sondertarife gibt es nicht. Nur die Teilstreckengrenzen sind Zwangshaltestellen, an den übrigen muß zum Ein- und Aussteigen dem Wagenführer ein Zeichen gegeben werden. Hieraus ergibt sich eine hohe Reisegeschwindigkeit. *Dtt.*

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 210. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

DK 625.62-831.1 (73)

Ein amerikanischer Über-Straßenbahnwagen. [Nach Mass Transp. 34 (1938) S. 257; 4 S., 7 Abb.]

Ein in Atlantic City in Dienst gestellter Straßenbahnwagen zeichnet sich besonders durch geringes Gewicht, große Bequemlichkeit für die Fahrgäste und kleine Unterhaltungskosten aus. Er soll hierin den bekannten PCC-Wagen noch übertreffen[1]). Bei 52 Sitz- und 78 Stehplätzen hat der Wagen ein Betriebsgewicht von nur 14,4 t, jedes Drehgestell wiegt mit Motoren und Bremsausrüstung nur 3,4 t. Die vier Motoren von je 41 kW Leistung liegen zu je zwei in Reihe an 600 V und verleihen dem Wagen eine Beschleunigung bis zu 2,2 m/s² und eine Höchstgeschwindigkeit von 72 km/h. Die Zahnräder haben Schrägverzahnung. Die selbsttätige Steuerung ist mit 260 Anfahrstellungen ausgestattet. Der Motor eines Umformers liegt an der Fahrdrahtspannung von 600 V und treibt gleichzeitig die Lüfter für die Klimaanlage und den Bremsluftverdichter. Der Generator speist bei niedriger Spannung die Steuereinrichtungen, Schienenbremsen, Türbetätigung, Scheinwerfer und sonstige Hilfseinrichtungen. Es sind drei Bremsarten vorgesehen, zuerst wirkt die Kurzschlußbremse, dann zusätzlich die Schienenbremsen, zum Schluß bei kleiner Geschwindigkeit die Luftdruckbremse zum Stillsetzen des Wagens. Die Betätigung der Bremsen erfolgt wie in den V. S. Amerika üblich durch Fußhebel. Der Wagen läuft auf gummigefederten Rädern und hat Gummiabfederung der Achsen und zwischen Drehgestellen und Wagenkasten. Die durch den Wagen geblasene Frischluft wird im Sommer zum Schluß zur Kühlung über die Anfahrwiderstände geleitet. Im Winter dagegen streicht sie zuerst über diese Widerstände und wird so angewärmt. Thermostaten halten die Temperatur gleichmäßig, indem sie die Mischung dieser angewärmten mit kalter Frischluft steuern. Über jedem Sitz ist eine Lampe angebracht. Ein ansprechender Anstrich und bequeme und breite Polstersitze dienen der Fahrgastwerbung neben den vorzüglichen Fahreigenschaften und der Geräuschlosigkeit. *Dtt.*

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 69

Die elektrischen Antriebe in der Baumaschinen-, Zement- und Ziegelindustrie. [Nach einem Vortrag[2]) von F. Grünwald, gehalten am 23. 1. 1939.]

Die heutige starke Anspannung aller Kräfte erfordert den erhöhten Einsatz von Arbeitsmaschinen auch für die Bauindustrie bzw. die Industrien der Steine und Erden. Die elektrischen Einzelantriebe haben sich ebenfalls durch die bekannten Vorteile durchgesetzt. Bei ortsveränderlichen Maschinen in Steinbrüchen, Abräumanlagen usw. pflegen die Arbeitsmaschinen und damit ihre Antriebe unter ungünstigen Umständen zu arbeiten, da sie Wind und Wetter ausgesetzt sind und Verschmutzungen unterliegen. Demgemäß wird man in solchen Fällen vollkommen geschlossenen Motoren den Vorzug geben. Bei der Planung der Antriebe ist weiter die Art des Betriebes, d. h. ob Dauer- oder Aussetzbetrieb vorliegt, zu berücksichtigen. Auch stoßweisen Beanspruchungen, wie z. B. bei Hartzerkleinerungsmaschinen, ist bei der Auslegung Rechnung zu tragen. Die elektrische Steuerungstechnik bietet hierfür geeignete und doch einfache Lösungen, so daß mechanische Stöße von der Arbeitsmaschine weitgehend von dem Netz als Energiequelle ferngehalten werden. Bei einer Reihe von Arbeitsmaschinen mit Umkehrbetrieb, z. B. Kränen, wird mit hohen Spielzahlen gearbeitet, wobei zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit häufig Motoren mit verschiedenen Drehzahlen verwendet werden, die bei geringen Lasten oder Leerlauf hohe Geschwindigkeiten und bei großen Lasten geringe Geschwindigkeiten gestatten. In neuerer Zeit haben sich auch für verschiedene Arbeitsmaschinen stufenlos regelbare Antriebe von Vorteil erwiesen, die als Gleichstrom- wie auch als Drehstromausführungen geliefert werden können. Sie gestatten eine genaue Einregelung der für einen Arbeitsprozeß günstigsten Drehzahl. Die Zementindustrie hat die Vorteile dieser Antriebe erkannt und wählt bei neuzeitlichen Antrieben statt eines regelbaren Antriebes mit einigen wenigen Stufen eine stufenlos regelbare Anordnung, meist in Form eines Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotors. Diese Motorart bietet, abgesehen von einer stufenlosen Regelung, auch den Vorteil einer verlustlosen Drehzahleinstellung, was bei großen Regelbereichen wegen besserer Wirtschaftlichkeit oft von besonderer Bedeutung ist.

[1]) ETZ 57 (1936) S. 1455 und ETZ 59 (1938) S. 887.

[2]) Aus einer Vortragsreihe „Der elektrische Antrieb in Industrie-Betrieben", veranstaltet vom VDI-Berlin zusammen mit dem Außen-Institut der T. H. Berlin unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. F. Oertel VDE.

Für eine ganze Reihe von Arbeitsmaschinen ist mit Rücksicht auf die Arbeitsbedingungen beim Stillsetzen eine Bremsung notwendig. Hierfür hat die Elektrotechnik verschiedene Lösungen geschaffen, z. B. durch Anordnung eines Bremslüfters, der elektromagnetisch oder auch elektromotorisch als Eldrogerät auf eine mechanische Bremse arbeiten kann. Bremsschaltungen für die Motoren selbst durch Gegenstromgabe oder Ankerkurzschlußbremsung sind ebenfalls entwickelt.

In den meisten Fällen steht bei Fremdbezug 380 V Drehstrom zur Verfügung. In manchen Fällen, besonders bei ortsveränderlichen Anlagen, hat sich die Schaffung einer eigenen Zentrale in Form eines Dieselsatzes als zweckmäßig erwiesen. Die Verbindung zwischen Stromerzeuger und Verbraucher vermitteln besondere biegsame Schleppkabel, die je nach dem Bedarfsfall auch durch selbsttätige Vorrichtungen auf Kabeltrommeln aufgewickelt werden können.

Bei vielen Bauarbeiten müssen in größerem Maße Erdbewegungen durchgeführt werden, wozu besondere Transporteinrichtungen notwendig sind. Für den Antrieb solcher Transportbänder hat die Elektrotechnik in Form von Flanschmotorgetrieben oder auch raumsparenden Elektrobandrollen brauchbare Lösungen geschaffen.

Bei der Zementfabrikation ist mit einer beträchtlichen Staubentwicklung zu rechnen. Trotzdem werden, da der Staub elektrisch unschädlich ist, für Antriebe größerer Leistungen offene Motoren verwendet, vorausgesetzt, daß von Zeit zu Zeit eine Reinigung durch Ausblasen erfolgt. Für die mittleren und kleinen Antriebe, die in größerer Zahl vorhanden sind, werden Motoren geschlossener Bauart angeordnet, und zwar aus Gründen der einfacheren Wartung. Je nach der Art des Rohmaterials erfolgt in Zementfabriken die Aufbereitung in Zerkleinerungsmaschinen mit mehr oder weniger großen Schwungmassen. Der elektrische Antrieb hierfür erhält eine selbsttätig wirkende Schlupfeinrichtung in Form eines Dauerschlupfwiderstandes von rd. 10% Vollastdauerschlupf. Zur Erzielung der Endfeinheit des vorzerkleinerten Materials werden Rohrmühlen benutzt, die in gleicher Weise wie die Zementmühlen zum Mahlen der gebrannten Zementklinker am Schluß des Fertigungsvorganges gebaut sind. Die Ausführung einer solchen Mühle zeigt Abb. 5. Die Anlaufverhältnisse dieser Mühlen sind bei der Bemessung der Antriebe besonders zu berücksichtigen, da die in ihnen befindlichen Stahlkugeln oder Flintsteine als Mahlkörper in Bewegung gesetzt werden müssen. Als Anlaufmoment ist deshalb mit dem 1,5 bis 1,8-fachen Normalmoment zu rechnen. Wurden bisher meist Schleifringläufermotoren für diese Antriebe verwendet, so werden in neuester Zeit auch Mühlenmotoren in Kurzschlußankerausführung für direkte Einschaltung vorgesehen.

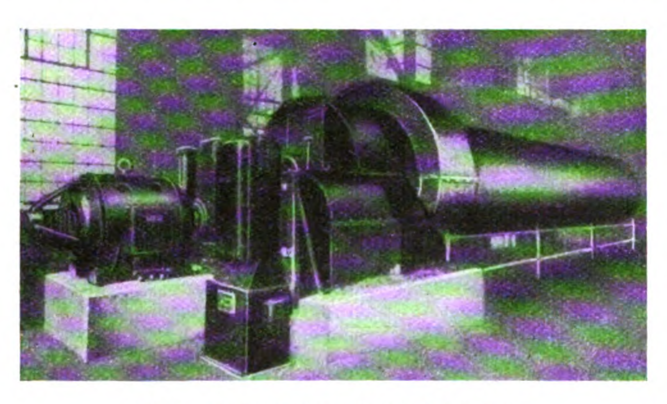


Abb. 5. Zementmühlenantrieb 600 PS, 960 U/min.

Da die Güte des erzeugten Zementes von der richtigen Durchführung des Brennprozesses abhängt, wird der Drehofenbetrieb in erhöhtem Maße geregelt und überwacht. Da verfahrenstechnisch eine Reihe von Antrieben zusammenarbeiten muß, wird meist eine zentrale Bedienungsstelle in Form einer Kommandotafel angeordnet. Gerade hier hat sich auch für verschiedene zugehörige Antriebe der stufenlos regelbare Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotor eingeführt. Abb. 6 zeigt einen Kohlezuteilungsantrieb mit Kommutatormotoren. Steuerung und Drehzahlanzeige erfolgen auf der zentralen Kommandotafel.

Auch in der Ziegelindustrie beginnt sich der elektrische Antrieb weiter einzuführen. Die Schwierigkeit hierfür ist bedingt durch den für die Fabrikation notwendigen Dampfbedarf, weshalb einem Dampfmaschinenantrieb bisher meist der Vorzug gegeben wurde. Bei Kostenvergleichen jedoch, unter Berücksichtigung einer richtigen Folge in der Abwicklung des Fabrikationsprogramms in bezug auf eine günstige Strompreisfestlegung, wird sich in vielen Fällen eine Umstellung auf elektrischen Betrieb als zweckmäßig erweisen. Die von der Elektroindustrie geschaffenen Motoren sind auch den in Ziegeleibetrieben auftretenden Anforderungen, seien es Belastungsstöße, hohe Raumtemperaturen oder äußere mechanische Beanpruchungen, ohne weiteres gewachsen. *Vb.*

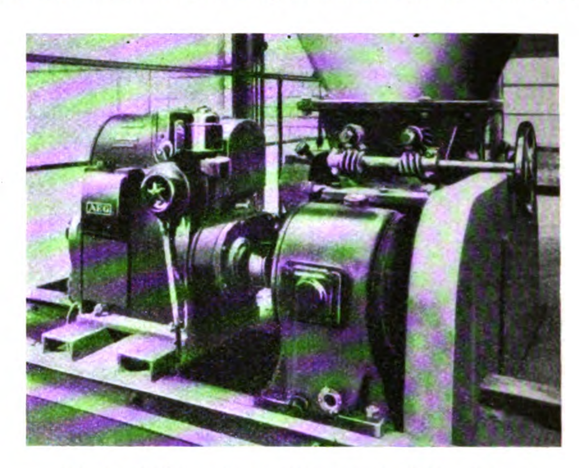


Abb. 6. Drehstrom-Kommutatormotor für Kohlezuteilung 6 PS, 2100/700 U/min.

DK 621.34 : 621.944

Großer Umkehrantrieb für ein Stahlwalzwerk. [Nach Electr. Engng. 7 (1939) S. 680; 2 S., 3 Abb.]

Das Umkehrwalzwerk für 20 000 PS Spitzenleistung in den Cardiff-Werken verarbeitet stündlich etwa 90 t Walzgut. Der Walzmotor hat ein Drehmoment von 230 mt bei 62 U/min, eine Dauerleistung von 6650 PS und eine Höchstdrehzahl von 150 U/min. Sein Anker mit Bibby-Kupplung wiegt 73 t; das Gesamtgewicht beträgt 143 t. Die Kühlung erfolgt durch Längsbelüftung der Maschine, wodurch sich eine verhältnismäßig kleine Ankerlänge ergibt. Die beiden Stehlager besitzen Öldruckschmierung; das Lageröl wird im Umlauf gefiltert und gekühlt. Durch den Lüfter des Motors werden etwa 1100 m³ Luft je Minute durch die Maschine getrieben, die dann frei in den Maschinenraum austreten. Der Motor wird gespeist von einem Ilgner-Umformer, der aus einem 5000 PS-Induktionsmotor für 3300 V und 600 U/min, drei 1740 kW-Generatoren und einem Schwungrad besteht; die Anordnung ist starr gekuppelt. Das Schwungrad hat rd. 3,50 m Dmr. und ist aus drei Teilen zusammengesetzt; seine Lager besitzen gleichfalls Druckölschmierung. Am Schwungrad ist eine handbetätigte mechanische Bremseinrichtung vorgesehen. Ferner kann elektrisch durch Einwerfen von Gleichspannung in den Ständer des antreibenden Induktionsmotors gebremst werden. Die drei Generatoren sind in Ganzstahl-Bauweise errichtet, besitzen Wendepole und Kompensationswicklungen und sind selbstbelüftet; die Maschinen sind hintereinandergeschaltet, um den Walzmotor mit 1470 V zu speisen. Anlaß- und Regeleinrichtungen arbeiten unter Öl. Die Regelungen erfolgen auf der Feldseite der Erregermaschinen, deren Satz von einem Synchronmotor angetrieben wird. Der Erregersatz besteht aus drei Erregermaschinen, von denen eine für die Generatorfelder, eine Haupt- und eine Zusatzerregermaschine für das Motorfeld vorgesehen sind. Sie sind mit den zu speisenden Feldern unmittelbar ohne weitere Schalter verbunden. Die vorgesehene Regelmöglichkeit hat sich bewährt. Zwei Schalttafeln enthalten das Zubehör für die Verstellmotoren, für die zwei Motorgeneratorsätze von 150 PS mit Schleifringläufern vorgesehen sind. Die mittels Leonardsteuerung betätigte Verstelleinrichtung weist trotz höherer Kosten viele betriebliche Vorteile auf, so daß sie ausgeführt wurde. *Tsch.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.394.625.3

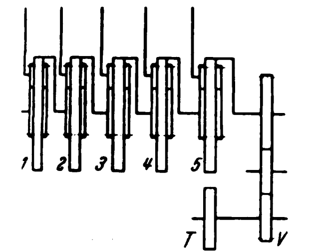
Der neue Creed-Streifenfernschreiber Nr. 10. [Nach A. E. Thompson, Elektr. Nachr.-Wes. 16 (1938) S. 299; 9 S., 10 Abb.]

Wie der früher beschriebene Springschreiber[1]) arbeitet auch die neue Fernschreibmaschine Nr. 10 mit dem Fünferalphabet

[1]) ETZ 49 (1928) S. 291.

Digitized by Google

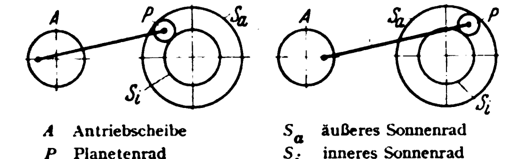
und besitzt wie jener ein Typenrad. Dessen Einstellung ist aber ganz neuartig und erfolgt durch fünf hintereinandergeschaltete Planetengetriebe, deren Hauptachsen in einer Geraden liegen (Abb. 7). Das dem Typenrad am nächsten liegende fünfte Planetengetriebe treibt durch sein äußeres Sonnenrad über ein Zahnrädervorgelege unmittelbar auf das Typenrad. Sein inneres



T Typenrad
V Zahnrädervorgelege
1, 2, 3, 4, 5 Planetengetriebe

Abb. 7. Der Antrieb des Typenrads.

Sonnenrad ist mit dem äußeren Sonnenrad des vorgeschalteten vierten Planetengetriebes gekuppelt, und zwar mit einer Übersetzung ins Langsame derart, daß das äußere Sonnenrad des fünften Getriebes sich um die Hälfte des Winkels dreht, den das äußere Sonnenrad des vierten Getriebes beschreibt. Diese Art der Übersetzung haben alle fünf hintereinander geschalteten Planetengetriebe, und sie hängt damit zusammen, daß die äußeren Sonnenräder einen doppelt so großen Durchmesser haben als die inneren. Das äußere Sonnenrad des fünften Planetengetriebes am Typenrad macht also nur den 16ten Teil der Drehung, die das äußere Sonnenrad des ersten Getriebes ausführt.



A Antriebscheibe
P Planetenrad
S_a äußeres Sonnenrad
S_i inneres Sonnenrad

Abb. 8. Die Einstellung der Planetenräder.

Die Planetenräder *P*, die zwischen den beiden Sonnenrädern S_a, S_i umlaufen, werden von fünf Antriebsscheiben *A* eingestellt, die sich jedesmal, wenn sie bewegt werden, um 180° drehen (Abb. 8). Dabei verschieben sie mittels Kurbelzapfen und Schubstange das zugehörige Planetenrad etwa um 90° gegenüber der Hauptachse des Planetengetriebes. Die Antriebsscheibe dreht sich stets im Uhrzeigersinn um die 180°, das Planetenrad bewegt sich dabei um etwa 90° nach rechts oder nach links. Dabei wälzt es sich auf seinem inneren Sonnenrad S_i ab und dreht das äußere Sonnenrad S_a um einen entsprechenden Winkel nach vorwärts oder zurück. Dieser Winkel pflanzt sich auf die nachfolgenden Getriebe, wie schon geschildert, je um die Hälfte seines Wertes weiter.

Die fünf Antriebsscheiben *A* selbst werden durch die nacheinander ankommenden fünf Stromstöße des Fünferalphabets über den Empfangselektromagneten und seine Gabel, das Schwert und fünf Übertragungsschienen beeinflußt. Die letzteren werden der Reihe nach von den Stromstößen eingestellt, stellen aber ihrerseits alle fünf Antriebsscheiben gleichzeitig miteinander ein. Dies geschieht dadurch, daß die eingestellten Übertragungsschienen ihre Antriebsscheiben, wenn deren Stellung verändert werden soll, durch Einfallen einer Klinke mit einem ständig umlaufenden Getriebe kuppeln und nach einer halben Umdrehung durch Ausheben der Klinke wieder entkuppeln. Sind die auf eine Antriebsscheibe wirkenden Stromstöße nacheinander von gleicher Richtung, so wird ihre Stellung nicht verändert; nur bei dem Wechsel der Stromrichtung wird die Antriebsscheibe um 180° gedreht. Damit wird auch das zugehörige Planetenrad verschoben und bringt die Drehung des betreffenden äußeren Sonnenrades hervor. Wenn also das fünfte Antriebsrad sich um 180° dreht, dreht sich das Typenrad ebenfalls um 180°. Wenn dagegen das erste, vom Typenrad am weitesten entfernte Antriebsrad sich um 180° dreht, so dreht sich das Typenrad nur um den 16ten Teil oder um 11° 15′, d. h. um eine Buchstabenbreite.

Die fünf Antriebsscheiben und die fünf Planetenräder geben nach ihrer Einstellung durch die Fünferstromstöße in ihrer Lage ein Bild des betreffenden Buchstabens im Fünferalphabet. Durch diese Lage ist aber auch das 32teilige Typenrad in einer von seinen 32 möglichen Stellungen festgelegt, und in dieser Stellung steht auch der gewünschte Buchstabe unter dem Druckhammer. Dieser schlägt das Farbband samt dem darunter vorbeigeführten Papierstreifen gegen das Typenrad (Abb. 9), so daß der Buchstabe auf dem Papierstreifen abgedruckt wird. Die Typen kommen bei dieser Anordnung nicht mit dem Farbband in Berührung und ihr Verstopftwerden wird dadurch verhindert.

Der Figurenwechsel kommt durch axiale Verschiebung des Typenrades zustande, weil es, wie dasjenige des Schnelltelegraphen von Siemens, zwei Kränze von Schriftzeichen nebeneinander besitzt. Der ältere Fernschreiber von Creed hatte ein Typenrad nach Art des Hughes-Typendruckers, so daß der Figurenwechsel durch Drehen des Rades um eine Buchstabenbreite (den 56sten Teil von 360°) zustande kam. Es ist wohl kaum

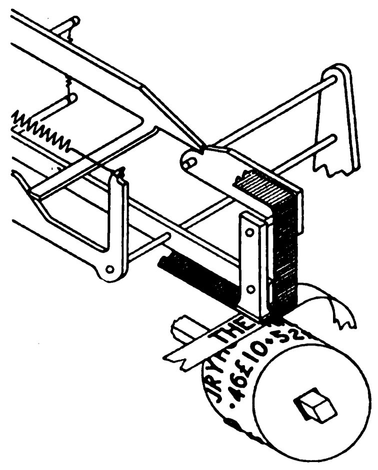


Abb. 9. Die Druckvorrichtung.

nötig zu erwähnen, daß nach erfolgter Einstellung des Typenrades die Tätigkeit des Druckens und der Streifenfortschub in einer Zeit erfolgen, während welcher schon die Fünferzeichen des folgenden Buchstabens eintreffen und die Bewegungen des Elektromagneten, des Schwerts und der Übertragungsschienen hervorrufen.

Die Geschwindigkeit, mit der man auf diesem Streifenschreiber arbeiten kann, ist die für Fernschreibmaschinen übliche: bis zu sieben Schriftzeichen in der Sekunde, und, da jedes Schriftzeichen mit dem Stromstoß zum Start, der dem Fünferzeichen vorhergeht, und dem Stromstoß zum Stop, der ihm folgt, aus sieben Stromstößen besteht, so wird mit 50 Baud gearbeitet. Die Tasten sind in vier Reihen angeordnet, zum Anruf dient ein Glockenzeichen, auch eine Rückmeldevorrichtung ist vorgesehen, überhaupt fehlt nichts, was man heute von einer Fernschreibmaschine erwartet.

Der Zusammenbau erfolgt nach neuzeitlichen Grundsätzen, die Einzelteile werden unter Benutzung von Stanz-, Preß- und Spritzgußverfahren und unter weitgehender Verwendung von Kunststoffen und Leichtmetallen hergestellt. Die Maschine ist leicht auseinanderzunehmen und zusammenzusetzen, die Einzelteile sind auswechselbar, der Betrieb ist verhältnismäßig geräuschlos und die notwendige Wartung gering.

I. Hn.

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.383.2.001

Trägheit der Ionen gasgefüllter Photozellen. [Nach A. A. Kruithoff, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 56; 8¼ S., 6 Abb.]

Bei den zahlreichen Anwendungen, welche die lichtelektrische Zelle erfahren hat, kann man das durch die Wärmebewegung der Elektronen in den Widerständen oder durch reinen Schroteffekt hervorgerufene Rauschen im Verhältnis zur aufgeprägten EMK bedeutend verringern, wenn man schon in dem Photozellenrohr den schwachen lichtelektrischen Strom verstärkt. Die hierfür notwendige Verstärkung kann man z. B. durch eine Gasfüllung im Rohr selbst erreichen. In einer solchen Photozelle werden die Photoelektronen vervielfacht, und damit wird die gewünschte Verstärkung erreicht.

Zahlreiche Versuche haben gezeigt, daß in der Photozelle Trägheitserscheinungen auftreten, verursacht durch die endliche Laufzeit der entstandenen Ionen. Infolge dieser Trägheitserscheinungen fällt die Frequenzkennlinie nach höheren Frequenzen zu scharf ab. Mit dem Verstärkungsfaktor der Zelle nimmt die Trägheitserscheinung zu. Die in der Praxis vorkommenden Verstärkungsziffern sind nun kleiner als 10, und die Messungen ergaben, daß bei einer Frequenz $f = 10$ kHz noch kein merklicher Frequenzgang festzustellen ist, wofür in der Arbeit von Kruithoff Meßergebnisse mitgeteilt werden. Ein eigenartiges Verhalten zeigen die Zellen bei niederen Frequenzen

Digitized by Google

(1 bis 5 kHz). Hier tritt noch eine zusätzliche Trägheitserscheinung auf, die aber durch den Einfluß metastabiler Atome verursacht wird. In der Abb. 10 ist eine Kurvenschar dargestellt, welche den Einfluß verschiedener Trägheitseffekte (endliche

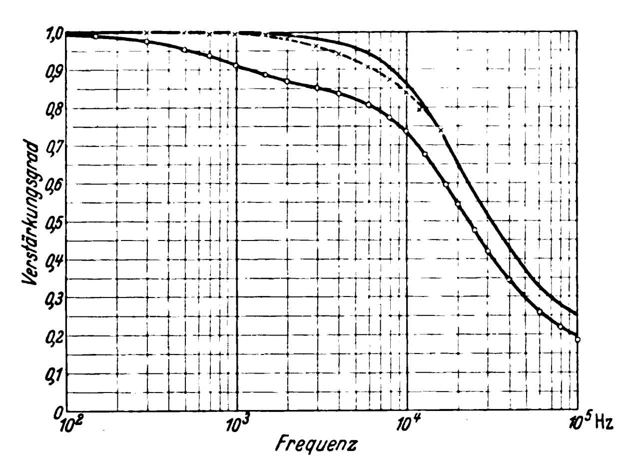


Abb. 10. Vergleich der berechneten und gemessenen Frequenzkennlinie (Meßpunkte kleine Kreise). Die gestrichelte Kurve ist mit einer Gasfüllung Ne + 10% Ar statt reinem Ar gemessen. (Meßpunkte kleine Kreuze). Bei der Kurve mit Gasfüllung tritt der zusätzliche Effekt nicht auf und die Abhängigkeit erst bei hohen Frequenzen.

Laufzeit der Ionen, metastabile Atome) zeigt; sie zeigt auch, daß z. B. schon eine 10prozentige Argonfüllung den Trägheitseffekt fast aufheben kann. *Hsr.*

Chemie.

DK 621.357.1

Haften von Zink an Aluminiumkathoden. [Nach H. R. Hanley und Ch. X. Clayton, Metal Ind., Lond. 53 (1938) S. 498; 2 S., 1 Abb.]

Bei der elektrolytischen Abscheidung von Zink aus Erzlaugen wird das Zink auf Kathoden aus blankem Aluminiumblech ausgefällt und nachher kunstgerecht abgezogen. Um festzustellen, mit welcher Kraft das Zink haftet, wurde ein Kathodenblech mit Ausnahme eines Streifens von 2 cm Breite und bis 20 cm Länge mit einer Kautschuklösung abgedeckt. Nachdem sich auf dem freigebliebenen Streifen das Zink abgeschieden hatte, wurde das eine Ende des Zinkbelages von der Unterlage gelöst und die Platte mit dem Streifen nach unten waagerecht gelegt. Nun wurde an das abgelöste Ende des Streifens ein Eimerchen befestigt und in dieses so lange Bleischrot gefüllt, bis sich der ganze Streifen ablöste. Das Gewicht des gefüllten Eimers gab ein Maß für die Haftfestigkeit. *K. A.*

DK 621.357.1.001

Störende Strömungen an der Tropfelektrode. [Nach H. J. Antweiler, Z. Elektrochem. 44 (1938) S. 831; 10 S., 12 Abb.]

Bei der „polarographischen Analyse" läßt man aus einer feinen Spitze etwa alle 2 s einen Quecksilbertropfen in die zu analysierende Lösung austreten; die den Boden des Gefäßes bedeckende Quecksilberschicht ist mit dem negativen, das tropfende Quecksilber mit dem positiven Pol verbunden. Die an die Zelle gelegte Spannung wird allmählich gesteigert und gleichzeitig die Stromstärke vermerkt. Der „Polarograph" besorgt jenes mit Hilfe eines Motors, dieses durch Photographieren des Galvanometerausschlages. Anfangs steigt die Stromstärke mit der Spannung; dann bleibt sie gleich. Es werden nämlich z. B. aus einer 0,01 normalen Kadmiumlösung am Tropfen kathodisch anfangs dem Stromanstieg entsprechend so lange immer mehr Kadmiumionen in der Zeiteinheit entladen, bis die Diffusion nicht mehr ausreicht, um den Mehrbedarf herbeizuschaffen, und die (durch die in der Zeiteinheit entladene Anzahl der Ionen bedingte) Stromstärke stehen bleibt. Man kann nun umgekehrt aus dieser Stromstärke die Konzentration des in der Lösung vorhandenen Kadmiums ermitteln. Es ist aber bekannt, daß öfter die Stromstärke viel zu hoch ansteigt. Durch Schlierenbilder weist H. J. Antweiler nun nach, daß es sich um Strömungen im Elektrolyten handelt, welche viel reichlicher als die Diffusion Ionen heranschaffen. Der Verfasser stellt durch mannigfache Änderungen der Anordnung fest, daß es sich wohl nur um eine elektrokinetische Wirkung handelt. Bekannte Gegenmittel gegen diese Störung der Analyse sind gewisse oberflächenaktive Stoffe, z. B. Colloresin oder Methylenblau. *K. A.*

Verschiedenes.

DK 625.1/2(43)(085)

Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn 1938.

Auf die wichtigsten Bau- und Betriebsveränderungen im Laufe des Jahres wurde im „Vorläufigen Jahresrückblick" hingewiesen[1]). Die Gesamterträge der Betriebsrechnung 1938 (die Ziffern in Klammern gelten für 1937) stellen sich für das Altreich auf 4815,4 Mill RM (4420,2 Mill RM) und einschließlich der Bahnen der deutschen Ostmark auf 5133,5 Mill RM. Die Gesamtaufwendungen der Betriebsrechnung des Altreichs haben sich einschließlich 120 Mill RM Abgabe an die allgemeine Reichskasse auf 4505,1 Mill RM (4124,9 Mill RM) belaufen. Die Gesamtaufwendungen der Betriebsrechnung einschließlich der Ostmark betrugen 4881,4 Mill RM. Durch Beförderungssteuer und unmittelbare Abgabe wurden der allgemeinen Reichskasse 480,1 Mill RM (412,5 Mill RM) zugeführt. Der Überschuß der Betriebsrechnung machte im Altreich 310,2 Mill RM (295,3 Mill RM) aus. Nach Ausgleich des Betriebsfehlbetrages der Ostmark mit 58 Mill RM belief sich der Betriebsüberschuß für das Gesamtreich auf 252,1 Mill RM. Die Betriebszahl, d. h. das Verhältnis der Betriebsaufwendungen zu den Betriebserträgen, stellte sich auf 92,75 % (90,60 für Altreich). Der deutschen Wirtschaft sind im Jahre 1938 für Beschaffungen, Lieferungen und sonstige Arbeitsaufträge insgesamt rd. 1,7 Mrd RM zugeflossen. Mit dem obigen Betriebsüberschuß von 252,1 Mill RM, 8,1 Mill RM Vortrag 1937 und 111,7 Mill RM außerordentlichen Erträgen schloß die Gewinn- und Verlustrechnung mit einem Haben von 371,9 Mill RM ab, aus denen Verbindlichkeiten gedeckt und 11,5 Mill RM auf neue Rechnung vorgetragen werden konnten.

Die Eigentums-Streckenlänge im Altreich, Ostmark und Sudetenland betrug Ende 1938: 62824 km. Die Gesamtbetriebslänge des elektrischen Zugbetriebes war 3256 km. Ende 1938 waren im Gesamtreich 812 elektrische Lokomotiven, 352 Triebwagen für Oberleitung, 973 für Stromschiene, 180 Speichertriebwagen vorhanden. Die Gesamtzahl der Triebwagen war 2170. Es beliefen sich die Ausbesserungskosten für eine elektrische Lokomotive auf 16788 RM, für einen elektrischen Triebwagen auf 9796 RM, für 1000 Lok-km der Dampflok auf 262 RM, der elektrischen Lok auf 240 RM, des elektrischen Triebwagens auf 97,9 RM, der Triebwagen mit eigener Kraftquelle auf 290 RM. *Pge.*

Lichttechnischer Sonderlehrgang.

Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft und der Hauptausschuß „Gutes Licht" beim Amt „Schönheit der Arbeit" der DAF veranstalten gemeinsam mit der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Elektrowirtschaft einen Lehrgang zur Vermittlung lichttechnischer Grundkenntnisse an beruflich interessierte Ingenieure und Techniker. Der Schulungsplan enthält: Physiologische Optik, Grundgrößen und Einheiten, Technik der Lichterzeugung, Beleuchtungstechnik, Lichtmessung und Lichtarchitektur. Außerdem sind praktische Übungen vorgesehen, in denen jeder Teilnehmer selbst Lichtmessungen ausführen kann und in denen auch Beleuchtungsaufgaben an praktischen Beispielen durchgerechnet werden. Die Lehrgänge finden statt an der T. H. Berlin (18. bis 23. 9., Prof. Dr. Arndt), T. H. Karlsruhe (18. bis 23. 9., Prof. Dr. Weigel) und an der T. H. Wien (2. bis 7. 10., Dozent Dr. Schober). Die Teilnehmergebühr beträgt 60 RM. Anmeldungen und Anfragen sind an die Lehrgangsleiter zu richten. *ot.*

[1]) ETZ 60 (1939) H. 21, S. 632.

AUS LETZTER ZEIT.

Obusbetrieb in Salzburg. — Die Stadt Salzburg hat beschlossen, die Straßenbahnen durch Obusse zu ersetzen. Das künftige Netz wird rd. 50 km betragen, wobei 50 Fahrzeuge gebraucht werden. Ab 1. 3. 1940 soll ein Teilbetrieb mit 4 Fahrzeugen aufgenommen werden.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Fernmeldetechnik.

Der Unterausschuß „Galvanische Elemente" des Ausschusses für Fernmeldetechnik hat einen Normblatt-entwurf

DIN VDE 1210 „Galvanische Elemente und Batterien"

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 1015 veröffentlicht wird.

In diesen Entwurf sind die bisherigen Normblätter

DIN	VDE	1200	„Batterien für Schwerhörigengeräte"
„	„	1201	„Taschenlampenbatterien"
„	„	1205	„Galvanische Elemente: Trockenelemente ZKT, Füllelemente ZKF"
„	„	1205 U	Umstellnorm
„	„	1206	„Galvanische Elemente: Naßelemente ZKN"
„	„	1600	„Rundfunkgeräte: Anodenbatterien"

hineingearbeitet. Außerdem enthält der Entwurf ein neues einheitliches Bezeichnungssystem für galvanische Elemente und Batterien.

Begründete Einsprüche gegen den oben angegebenen Entwurf sind der Geschäftstelle bis spätestens zum 1. Oktober 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Geschäftsführer:
Blendermann

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.39(058)

Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens. Herausg. von Dipl.-Ing. F. Gladenbeck, Präsident der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost. Jahrgang 1938. Mit zahlr. Abb. u. 372 S. im Format 165×240 mm. Verlag für Wissenschaft und Leben Georg Heidecker, Berlin-Friedenau 1939. Preis geb. 22 RM.

Das Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens ist nunmehr im zweiten Jahrgang (1938) erschienen. In 17 Aufsätzen aus der Feder namhafter Fachleute werden zahlreiche nachrichtentechnische Fragen der Gegenwart behandelt. F. Lüschen und K. Küpfmüller zeigen, wie durch eine planmäßige Leitung der amts- und übertragungstechnischen Entwicklung der Gesamtzeitverlust beim Fernsprechen verringert und damit eine Beschleunigung des Fernsprechdienstes erreicht werden kann. F. Gladenbeck schildert die neueste Entwicklung auf dem Gebiete der Übertragungstechnik, wobei er besonders auf die neuen Gesichtspunkte über die Dämpfungsverteilung im Weitverkehrsnetz sowie auf die in Fachkreisen viel erörterte Frequenzbanderweiterung eingeht. Daran schließt sich ein Ausblick von H. Bornemann über die künftige Entwicklung des Fernsprechweitverkehrs, wie sie sich aus den bisherigen zwischenstaatlichen Verhandlungen abzuzeichnen scheint. W. Janowski und H. Panzerbieter bringen den neuesten Stand in der Entwicklung der Fernsprechmikrophone und Fernhörer, denen im Zusammenhang mit der Verbesserung der Übertragungsgüte auf den Fernleitungen heute die größte Aufmerksamkeit geschenkt werden muß. Die dann folgenden Aufsätze von K. Herz und G. Pleuger berichten über Nebensprechbedingungen in Fernsprechkabeln mit trägerfrequenter Ausnutzung und (von N. Chr. Weyß) über Fehlerortung an fremdgestörten Schwachstromkabeln. Über die Bemühungen, auf dem Gebiete der Kabel und Leitungen devisenzehrende oder verknappte Rohstoffe durch Austauschstoffe zu ersetzen, und deren bisherigen Erfolge berichten W. Glitsch und K. Wagner. Ein weiteres Problem, das auch zwischenstaatliche Fachkreise zur Zeit stark beschäftigt, wird in einer Abhandlung von M. Langer über die Wähltechnik im Ferndienst und die tonfrequente Fernwahl dem Leser nahegebracht. Daran schließt sich eine zusammenfassende Betrachtung von W. Pietsch über die Stromversorgungsanlagen in Fernsprechvermittlungsstellen in Vergangenheit und Gegenwart. Der Ausbau des hochfrequenten Drahtfunks in Deutschland hat die Frage nach den Kosten dieses neuen Nachrichtenverbreitungsmittels wachgerufen. Zweifellos bietet der hochfrequente Drahtfunk für den Teilnehmer manche wirtschaftlichen Vorteile. In einer Betrachtung von W. Waldow über den volkswirtschaftlichen Aufwand und Nutzen bei Einführung des Drahtfunks werden die Einsparungen auf seiten des Teilnehmers zu den Aufwendungen der Deutschen Reichspost in Beziehung gesetzt.

In den beiden darauf folgenden Abhandlungen von G. Flanze und A. Gehrts werden Fragen der Fernsehentwicklung besprochen, während J. Tritz auf eine Möglichkeit für eine betriebliche Neuformung des Fernseh-Aufnahme- und Großbild-Wiedergabedienstes hinweist. Weiter bringt das Jahrbuch einen Beitrag von W. Hahn und W. Zerbel über die Funkfernsprechverbindungen mit Übersee sowie eine Darstellung von W. Hering und H. Stock über verschiedene Arten telegraphischer Zeichenübermittelung und ihre Anwendung im In- und Auslandsdienst. Die großzügige Neugestaltung des mitteleuropäischen Raums lenkt die Aufmerksamkeit des Lesers auf eine Arbeit von K. Ehlers „Deutschland als Durchgangsland für den zwischenstaatlichen Fernsprechdienst" und von R. Führer, der die umfassenden Maßnahmen der Deutschen Reichspost zur Eingliederung des österreichischen Fernmeldewesens behandelt.

Druck und Ausstattung des Jahrbuchs lassen nichts zu wünschen übrig. H. Raettig VDE.

DK 621.396 : 550.837

Grundzüge der Funkgeologie. Von Dipl.-Ing. Dr. V. Fritsch. Mit 90 Abb., VII u. 121 S. im Format 140×215 mm. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1939. Preis kart. 9 RM.

In den letzten Jahren sind u. a. auch in den verschiedenen elektrotechnischen Zeitschriften Veröffentlichungen über die Funkgeologie erschienen, denen allgemein Interesse entgegengebracht worden ist. Diese neue Wissenschaft, die sich mit der Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen im Untergrund befaßt, ist ein Grenzgebiet zwischen der Physik und der Geologie bzw. Mineralogie. Ihre Nutzanwendung besteht in der Erforschung nützlicher Lagerstätten durch funktechnische Messungen, die sowohl ihre Lager, als auch ihre Beschaffenheit feststellen sollen. Solche Messungen sind an sich nicht neu, sondern erstrecken sich bereits über 2 bis 3 Jahrzehnte. Die Ergebnisse über solche Untersuchungen, die auch von praktischem Erfolg begleitet gewesen sind, sind in verschiedenen Stellen des Schrifttums verstreut und daher schwer auffindbar. Es ist daher ein Verdienst des Verfassers, die bisherigen Ergebnisse der Forschung, soweit sie von Bedeutung sind, zusammengetragen und übersichtlich geordnet zu haben.

In dem Buch sind ferner die Grundsätze herausgestellt, die bei der Behandlung der funkphysikalischen Fragen von Bedeutung sind. Es kann natürlich nicht die Aufgabe des Buches sein, den ganzen Fragenkomplex erschöpfend zu behandeln, dafür sind die allgemeinen Unterlagen in Handbüchern der Funkphysik und Funktechnik vorhanden. Das Hauptaugenmerk der Arbeit richtet sich vielmehr auf die Ergebnisse der Forschung der neueren Zeit, dabei sind in dem Buch genügend Hinweise vorhanden, die es leicht ermöglichen, im Schrifttum die gewünschten Erstveröffentlichungen aufzufinden. Für die Funkgeologie, für die in älteren Veröffentlichungen auch die Bezeichnung Radiologie erscheint, und anderen Wissenschaften ergeben sich nach den Forschungen der letzten Jahre beachtliche Ansätze zu weiteren Grenzgebieten. Den Elektrotechniker

Digitized by Google

dürfte in diesem Zusammenhang die funkgeologische Blitzforschung interessieren. Außer diesen Anwendungsmöglichkeiten gibt es noch andere, die aber noch im Anfang der Entwicklung stehen. G. Lehmann VDE.

DK 621.791.7

Das zeitgemäße Schweißen. Ein kurzgefaßtes Handbuch. 1. Teil: Das Elektroschweißen. Von Dipl.-Ing. W. Söchting. 4. Aufl. Mit 63 Abb., 40 Abb. im Anhang u. 64 S. im Format A 5. Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1939. Preis 1,20 RM.

Der Vorzug dieses Büchleins besteht darin, daß die elektrischen Grundlagen für das Verständnis des elektrischen Schweißens und der Maschinen kurz und treffend geschildert werden. Auch die Elektroden werden den neuesten Erkenntnissen entsprechend behandelt. Bei der Schweißnahtprüfung und Messung wäre unter Weglassung der heute kaum mehr gebrauchten Fräsmethode die Röntgenprüfung und das Magnetpulververfahren eingehender zu besprechen, sowie die umständliche Meßlehre für die Kehlnahthöhe durch eine neuzeitliche, z. B. die Siemenslehre, zu ersetzen. Die Herabsetzung der hohen Scheinleistung des Schweißumspanners durch parallelgeschalteten Kondensator wird gebührend erwähnt, trotzdem aber die (dann nicht mehr vorhandene) hohe Anschlußleistung als Nachteil hervorgehoben. Der Abriß über die Widerstandsschweißung bringt nur Grundsätzliches; die neuzeitlichen Steuerungen sind nicht erwähnt. Den Schluß bilden einige Katalogbilder ausgeführter Maschinen, Geräte- und Schweißstücke. Das Büchlein kann dem, der sich schnell und mühelos über das Gebiet unterrichten will, von Nutzen sein. J. C. Fritz VDE.

DK 518.4

Rechentechnik. Rechentafeln und Sonderrechenstäbe. Von Dipl.-Ing. M. Zühlke. (Veröff. Nr. 116 des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit.) Mit 106 Abb., VIII u. 212 S. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1939. Preis kart. 5,60 RM.

Schon ein Blick in die letzten Jahrgänge der ETZ lehrt, daß die Bedeutung von Funktionsleitern, Netztafeln, Leitertafeln, Sonderrechenstäben und ähnlichen mathematischen Hilfsmitteln für den Ingenieur stark gestiegen ist und noch weiter steigt. Ein Buch wie das vorliegende, welches in das hier in Betracht kommende Teilgebiet der Praktischen Mathematik, die Nomographie, in einfacher und anschaulicher Weise einführt, muß deshalb warm begrüßt werden. Es ist von einem guten Sachkenner klar und verständlich geschrieben und zerfällt in 7 Abschnitte. Der 1. Abschnitt behandelt die Funktionsleitern und Funktionsnetze, der 2. Abschnitt die hauptsächlichen Leitertafeln, der 3. Abschnitt die Netztafeln und Wanderkurvenblätter. Im 4. Abschnitt kommen Verbindungen von Leiter- und Netztafeln sowie besondere Ablesevorrichtungen zur Sprache, im 5. Abschnitt die Sonderrechenstäbe. Der 6. Abschnitt zeigt — freilich nur kurz —, wie man durch projektive Umformung die Ableseverhältnisse verbessern und wie man einen dualen Übergang zwischen Netz- und Leitertafeln vornehmen kann. Für den Praktiker besonders wertvoll ist der 7. Abschnitt, der übersichtliche Richtlinien für die Herstellung und Ausgestaltung der besprochenen „rechentechnischen" Hilfsmittel bringt; überhaupt muß die ständige Bezugnahme des Buches auf die Erfordernisse der Praxis anerkennend hervorgehoben werden. Ein Sachverzeichnis und ein Überblick über die Arbeitsergebnisse — z. B. 28 Sonderrechenstäbe — des Ausschusses „Rechentechnik" beim AWF, der das Buch an Stelle seiner 1928 erschienenen, jetzt vergriffenen Schrift „Graphisches Rechnen" von H. Schwerdt, W. Gütschow, I. Runge, F. Wolf herausgibt, bilden den Schluß. An Beispielen aus der Elektrotechnik finden sich: Zulässiger Belastungsstrom von Flachleitern aus Kupfer S. 87, Temperaturerhöhung von Kupferwicklungen S. 94, Leistungsverlust von Leitungen S. 125, Luftinduktivitäten S. 183 bis 184. Alles in allem ist das Werk eine erfreuliche Bereicherung des Schrifttums über Praktische Mathematik. A. Walther.

DK 62(024)

Klingelnberg, Technisches Hilfsbuch. Herausg. von Baurat Dipl.-Ing. E. Preger und Dipl.-Ing. R. Reindl. 9. neubearb. Aufl. von Schuchardt & Schüttes Technisches Hilfsbuch. Mit zahlr. Abb. u. Zahlentafeln im Format B 6. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geb. 10,50 RM.

Dies in den ersten acht Auflagen unter dem Namen der Firma Schuchardt & Schütte herausgegebene Technische Hilfsbuch erscheint als neunte Auflage unter dem Namen der Firma W. Ferd. Klingelnberg Söhne herausgegeben von Ernst Preger und Rudolf Reindl. Das Buch soll wie bisher den Bedürfnissen der unmittelbaren Praxis in Konstruktionsbüro und Werkstattbetrieb dienen. Der umfangreiche Stoff ist übersichtlich zusammengestellt und durch zahlreiche Hinweise auf Buch- und Zeitschriften-Schrifttum ergänzt. In der neuen Auflage sind Gebiete wie z. B. Neuzeitliche Werkstoffe, Messen, Stufung von Drehzahlen usw. neu aufgenommen. Im Abschnitt „Werkstattkunde" sind zahlreiche Angaben aus dem Gebiet der Elektrotechnik, der Lichttechnik zu finden. Der elektrischen Meßtechnik ist Raum gegeben. Auch die Schweißtechnik ist eingehend behandelt. Ganz besondere Sorgfalt ist den „Neuen deutschen Werkstoffen" gewidmet worden. Hier ist auf die Fortschritte in den Eisensorten und Eisenlegierungen, in den Legierungen der Nichteisenmetalle, auf die Aluminium- und Magnesium-Legierungen auch in der Verwendung für elektrische Freileitungen, auf die Verarbeitung von Leichtmetallen eingegangen. Besonders hingewiesen sei auf die Übersicht der Leichtmetall-Legierungen, die nach den mannigfachen Handelsbezeichnungen geordnet ist. Eine gleiche Übersicht findet sich bei den Kunststoffen, die bei den ungemein vielen Handelsbezeichnungen nicht weniger als fünf Druckseiten umfaßt. Bei jeder Bezeichnung ist Grundstoff und Typenbezeichnung nach DIN 7701, wie der Hersteller bzw. Lieferer der fertigen Teile angeführt. In der abschließenden größeren Hälfte des Werkes sind Maschinenelemente, Getriebe, die spanabhebenden Arbeitsverfahren mit den erforderlichen Werkzeugmaschinen und Werkzeugen eingehend behandelt. Der Zweck des Buches, dem Betriebsleiter bis zum Facharbeiter ein in ihrer Arbeit wertvolles Hilfsmittel zu sein, dürfte in seiner Art im vollen Umfange erfüllt und somit seine Beschaffung nur zu empfehlen sein. A. Przygode VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten.]

Bücher.

Télégraphie et Téléphonie sans fil. Von C. Gutton. 9. Aufl. Mit 85 Abb. u. 183 S. im Format 115×175 mm. Verlag Armand Colin, Paris 1939. Preis geh. 15 fr., geb. 17,50 fr.

[In verhältnismäßig anspruchsloser Aufmachung behandelt der Verfasser sowohl die Grundfragen bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, wie das verschiedenartige Verhalten der einzelnen Wellenarten. Im 2. Kapitel werden Schwingkreise und Antennen besprochen, während das 3. Kapitel die Elektronenröhren behandelt. Als Anwendung bringt das Büchlein im weiteren „Verstärker und Schwingungserzeuger". Im 5. Kapitel wird der Aufbau von Sendern in verschiedenen Stufen besprochen. Danach erfolgt die Einführung des Begriffes der Modelung. Weitere Kapitel sind den Vorgängen beim Empfang und der Gleichrichtung gewidmet. Zum Schluß wird noch die Richtbestimmung durch Funk und die Erzeugung sehr kurzer Wellen behandelt.] *ndr.*

Weltätherforschung. Ein Aufbauprogramm nach dem Umsturz in der Physik. Von Oberregierungsrat Dr. H. Fricke. Mit 13 Abb. u. 141 S. im Format 160 × 225 mm. Verlag Rudolf Borkmann K.-G., Weimar. Preis geb. 3,50 RM.

[Der Verfasser hat in dem Buch eine Reihe allgemein verständlicher Aufsätze zusammengestellt, die meist schon an anderen Stellen veröffentlicht worden sind. Sie gelten dem Kampf Frickes für seine Theorie des Äthers und — damit zusammenhängend — des Aufbaues der Weltkörper.]

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Direktor Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg VDE, Berlin-Nikolassee, Schopenhauerstr. 62.

Dipl.-Ing. H. Klaus, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 119.

Techn. Telegr.-Insp. G. Michaelis, Berlin-Mariendorf, Gersdorfstr. 44.

Dr.-Ing. P. Perlick VDE, Hannover, Auf dem Römerberge 29.

Abschluß des Heftes: 18. August 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 31. August 1939 | Heft 35

Künstliche Atomkernumwandlungen nach neuerer Forschung.

Von H. Reddemann, Berlin.

DK 539.17

Übersicht. Einer kurzen Zusammenfassung dessen, was wir heute über den Bau der Atomkerne wissen, belegt an Beispielen einfacher Kerne, folgt die Beschreibung der experimentellen Hilfsmittel für Kernumwandlungen. Von den bisher gelungenen Kernumwandlungen werden sodann einige beschrieben, die zu künstlich radioaktiven Kernen führen. Schließlich werden die Möglichkeiten einer praktischen Verwertung der Kernumwandlung kritisch betrachtet[1]).

1. Bau der Atomkerne.

Der vorliegende Aufsatz handelt von Kernphysik, einem Gebiet der Physik, das sich, wie der Name besagt, mit der Erforschung der Atom**kerne** befaßt. Atomkern nennen wir das Gebiet eines Atoms, in dem fast die gesamte Masse und die positive Ladung des Atoms konzentriert sind. Die den Kern umgebende negativ geladene Elektronen**hülle** interessiert uns hier nicht. Sie läßt sich ja auch mit verhältnismäßig geringen Energien abstreifen. Die Energiebeträge, die bei Vorgängen in der Atomhülle — z. B. chemischen Reaktionen — auftreten, sind millionenmal kleiner als die Energien, die zur Umwandlung des Atomkernes erforderlich sind. Im folgenden soll das in der Kernphysik übliche Energiemaß — Einheit 1 Elektronenvolt (eV) — benutzt werden, da es für Kernreaktionen am bequemsten ist[2]). Dann sind die chemischen Energien von der Größenordnung 1 eV, die zur Umwandlung von Atomkernen erforderlichen Energien dagegen von der Größenordnung 10^6 eV für ein Atom.

Wir wollen uns nun etwas anschaulicher machen, wie groß das Gebiet der Massenkonzentration, d. h. des Kernes, im Atom ist. Die Atomhülle, also das Gesamtatom, hat einen Durchmesser von der Größe 10^{-8} cm (hundertmillionstel cm), der Atomkerndurchmesser ist noch 10 000mal kleiner, nämlich von der Größe 10^{-12} cm. Würde man das Atom so vergrößern, daß der Atomkern 1 mm Dmr. bekäme, so wüchse die Atomhülle zu einem Durchmesser von 10 m, nähme also die Ausmaße eines Saales an. Diese außerordentliche Kleinheit des Kernes bedingt natürlich eine enorme Massenkonzentration. Ein Stecknadelkopf großes Stück Materie mit einer Dichte, wie sie im Atomkern herrscht, würde weit über 1000 t wiegen.

Noch etwas anderes sehen wir sogleich aus der Veranschaulichung der Atomabmessungen: wegen der Kleinheit des Kernes im Atom ist es sehr schwierig, ihn mit Geschossen zu treffen und eine Umwandlung herbeizuführen. Diese Verhältnisse werden quantitativ folgendermaßen noch etwas klarer. Wir wollen ein Stückchen Materie in einer Schicht von 0,001 cm Dicke und 1 cm² Fläche (Abb. 1) betrachten. Die Tiefen, in die unsere Geschosse bei Kernumwandlungen eindringen, sind gerade etwa von der Größe 0,001 cm. Das scheint wenig zu sein, man muß aber bedenken, daß in einer solchen Schicht rd. 10^{20} Atome sind. Die Geschosse, die wir benutzen, sind Atomkerne, also geladene Teilchen, die in den elektrischen Feldern zwischen den einzelnen Atomen abgebremst werden und nach einer Strecke von 0,001 cm in der Materie schon an einer solchen Unzahl von Atomen vorbeigelaufen sind, daß sie ihre gesamte kinetische Energie verloren haben und steckenbleiben. Der geometrische Querschnitt eines Atomkerns ist nun rd. 10^{-24} cm² groß. Alle 10^{20}-Atomkerne in der betrachteten Schicht bieten den einfallenden Geschossen also nur eine Fläche von 10^{-4} cm² dar, d. h. nur ein Zehntausendstel der gesamten, von den Geschossen getroffenen Fläche. Mit anderen Worten: nur jeder zehntausendste Schuß kann überhaupt einen Atomkern innerhalb unseres Materiestückes treffen! Wir müssen später auf diese Verhältnisse zurückkommen.

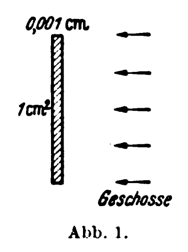


Abb. 1.

Ein Kern ist trotz seiner Kleinheit wieder aus Einzelbestandteilen zusammengesetzt. Das folgt schon daraus, daß es verschieden schwere Kerne gibt, die doch irgendwie auseinander aufgebaut sein müssen. Nach neueren Erfahrungen der Kernphysik sind **Protonen** und **Neutronen** als Kernbausteine anzusehen. Das Proton ist das kleinste Massenteilchen, das wir kennen, und trägt dazu die positive elektrische Einheitsladung. Das Neutron ist fast genau ebenso schwer, aber, wie der Name sagt, ungeladen. Die Zahl der Protonen im Kern gibt die positive Kernladung des Atoms an, identisch mit der Ordnungszahl im periodischen System. Die Summe der im Kern enthaltenen Protonen und Neutronen ist die Masse des Kerns. Die Kräfte, die den Kern zusammenhalten, sind Anziehungskräfte, die hauptsächlich zwischen Neutronen und Protonen wirken. Es ist ein Ziel der experimentellen und theoretischen Kernforschung, Genaueres über diese besonderen, sog. Kernkräfte auszusagen. Die elektrischen Abstoßungskräfte zwischen den Protonen im Kern wirken dem Zusammenhalt des Kerns entgegen. Es muß immer die richtige Mischung von Protonen und Neutronen im Kern vorhanden sein, damit sein Zusammenhalt fest ist oder, wie der Physiker sagt, damit er stabil ist. Auf diese Weise wird es verständlich, daß ein künstlich aus zu vielen Protonen im Verhältnis zu den Neutronen aufgebauter Kern „instabil" wird. In einem solchen Kern verwandelt sich ein Proton in ein Neutron (die überschüssige positive Ladung wird als positives Elektron ausgestrahlt).

---

[1]) Nach einem Vortrag, gehalten am 28. 2. 1939 vor dem VDE-Bezirk Berlin.

[2]) 1 eV ist die Energie, die ein Elektron bekommt, wenn es die Spannung von 1 V durchläuft. 1 eV entspricht $1{,}59 \cdot 10^{-19}$ Ws; 10^6 eV = 1 MeV entsprechen $1{,}59 \cdot 10^{-13}$ Ws = $4{,}3 \cdot 10^{-20}$ kWh.

Digitized by Google

Es entsteht ein neuer, stabiler Kern. Umgekehrt kann ein Kern, den man künstlich durch Hineinschießen eines Neutrons instabil gemacht hat, durch Aussendung eines negativen Elektrons wieder zu einem stabilen Kern werden. Man bemerkt, daß nach dieser Vorstellung im Kern selbst keine Elektronen vorhanden sind, sondern erst im Augenblick der Ausstrahlung entstehen.

Wir wollen einmal die einfachsten Kerne aufbauen. Der einfachste Kern ist das Proton selbst, identisch mit dem Kern des Wasserstoffatoms. Man schreibt für diesen Kern das Zeichen ${}^{1}_{1}\mathrm{H}$, wobei der untere Index die Ladung, der obere die Masse des Kerns angibt. Das Neutron mit der Ladung 0 und der Masse 1 hat das entsprechende Symbol ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$. Die genauen Massen der beiden Elementarteilchen, die durch die sog. Massenspektroskopie bestimmt werden, sind: ${}^{1}_{1}\mathrm{H} \triangleq 1{,}0081$, ${}^{1}_{0}\mathrm{n} \triangleq 1{,}0090$ Masseneinheiten (ME)[3].

Der nächst höhere Kern entsteht durch Zusammenbau von einem Proton und einem Neutron. Der so entstandene Kern hat also die Masse 2 und die Ladung 1. Da nur die Ladung für die chemischen Eigenschaften maßgebend ist, ist der neue Kern chemisch Wasserstoff geblieben. Es ist ein schwereres Isotop des gewöhnlichen Wasserstoffs, der sog. schwere Wasserstoff entstanden. Man nennt diesen Kern auch Deuteron und schreibt dafür ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$ oder ${}^{2}_{1}\mathrm{D}$. Die genaue Auswägung des Deuterons ergibt die Masse ${}^{2}_{1}\mathrm{D} \triangleq 2{,}0147$ ME[4]). Man sieht sofort, daß die Einzelsumme der Massen Proton + Neutron um 0,0024 ME größer ist als die Masse des Deuterons. Beim Zusammenbau des Deuterons aus Proton und Neutron werden also 0,0024 ME frei. Bekanntlich ist Masse eine außerordentlich hoch konzentrierte Form von Energie. In unseren Einheiten sind 0,001 ME $= 0{,}94 \cdot 10^{6}$ eV. Beim Aufbau des D-Kerns werden also 2,3 MeV an Masse, d. h. an Energie frei[5]). Dieser Betrag wird in Form von elektromagnetischer Energie ausgestrahlt und in der Tat beim Zusammengehen eines Protons und eines Neutrons beobachtet. Elektromagnetische Strahlung dieser Energie hat eine außerordentlich kurze Wellenlänge, man bezeichnet sie als „γ-Strahlung". Umgekehrt müssen wir, um ein Deuteron in ein einzelnes Proton und ein einzelnes Neutron zu zerlegen, die fehlende Masse zufügen. Neutron + Proton getrennt sind ja schwerer als das Deuteron. Man kann wirklich, in Umkehrung des Aufbauprozesses, das Deuteron durch Zufuhr von Energie in Form von elektromagnetischer (γ-)Strahlung in seine beiden Bausteine zerlegen. Die dem Deuteron fehlende Masse, d. h. Energie, nennt man sinngemäß „Bindungsenergie" des D-Kerns, denn es ist klar, daß ein Kern um so mehr Energie zu seiner Zerlegung erfordert, je größer die beim Aufbau verlorengegangene Masse ist („Massendefekt").

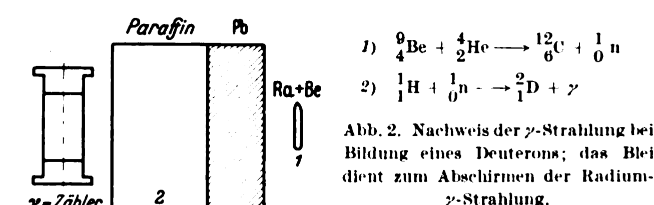
Wir haben soeben den einfachen Fall eines Aufbaus bzw. einer Zerlegung eines Atomkerns kennengelernt. Die experimentelle Anordnung dazu ist in Abb. 2 dargestellt. Wir lernen dabei gleichzeitig einen anderen Prozeß kennen, der vielfach als Neutronenquelle ausgenutzt wird. In einem Glasröhrchen befindet sich ein Gemisch aus Radium- und Berylliumpulver. Radium ist ein natürlich radioaktives Element, das „α-Strahlen", d. s. Heliumkerne hoher kinetischer Energie, ausschleudert. Diese Geschosse wandeln den Berylliumkern nach Gl. (1) bei Abb. 2 um. Die auf der rechten Seite stehenden Massen sind dabei kleiner als die linksstehenden. Die so freiwerdende Masse verwandelt sich in kinetische Energie, mit der Neutron und Kohlenstoffkern auseinanderfliegen.

[3]) Die Masseneinheit (ME) ist so definiert, daß die Masse des Sauerstoffs gleich 16,0000 gesetzt wird. Ein Wasserstoffkern ist also annähernd 16mal leichter als ein Sauerstoffkern. Er wiegt rd. $1{,}7 \cdot 10^{-24}$ g; 1 ME entspricht also rd. $1{,}7 \cdot 10^{-24}$ g.

[4]) Der schwere Wasserstoff kommt in der Natur in „schwerem Wasser" D_2O vor, das im gewöhnlichen Wasser H_2O in sehr geringen Mengen enthalten ist.

[5]) 0,001 ME $= 0{,}94$ MeV $= 1{,}5 \cdot 10^{-13}$ Ws $= 1{,}7 \cdot 10^{-27}$ g; 1 g stellt also eine Energiekonzentration von $9 \cdot 10^{13}$ Ws = 25 Mill kWh dar.

Der geladene Kohlenstoffkern bleibt im Glasröhrchen stecken, das ungeladene Neutron aber geht ohne weiteres durch die elektrischen Felder dicker Materieschichten hindurch. — Die so entstandenen Neutronen werden nun in einen wasserstoffhaltigen Stoff (z. B. Paraffin) geschickt und können darin von einem Wasserstoffkern eingefangen werden [Gl. (2)]; die dabei als γ-Strahlung freiwerdende Energie kann mit einem Zählrohr nachgewiesen werden.



1) ${}^{9}_{4}\mathrm{Be} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$

2) ${}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{2}_{1}\mathrm{D} + \gamma$

Abb. 2. Nachweis der γ-Strahlung bei Bildung eines Deuterons; das Blei dient zum Abschirmen der Radium-γ-Strahlung.

Schließlich sei noch der Aufbau eines Heliumkerns besprochen. Ein He-Kern besteht aus 2 Protonen und 2 Neutronen, hat also die runde Masse 4; seine genaue Masse ist 4,0039. Wollten wir den Kern ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ in zwei Deuteronen zerlegen, so müßten wir eine Energie von 24 MeV = 0,025 ME aufwenden, da die beiden Deuteronen zusammen die Masse 4,0294 haben. Mit anderen Worten: das ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ hat eine sehr große „Bindungsenergie", so groß, daß bisher noch keine Zertrümmerung dieses Kernes beobachtet wurde.

Wir haben nun schon eine Reihe von Geschossen für Kernumwandlungen kennengelernt: ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$-Kerne, auch α-Strahlen genannt; γ-Quanten (elektromagnetische Strahlung), die beide bei natürlich radioaktiven Elementen auftreten; Neutronen, die wir durch Mischung von Ra- und Be-Pulver gewinnen. Als weitere Geschosse werden Protonen und Deuteronen verwandt, diese muß man aber künstlich beschleunigen, da sie nicht beim natürlichen Zerfall von Elementen vorkommen[6]).

2. Experimentelle Hilfsmittel für Kernumwandlungen.

In den letzten Jahren wurden mit technisch großem Aufwand Anlagen gebaut, mit denen man künstlich „Geschosse" (geladene Teilchen) beschleunigen kann. Die Pionierexperimente wurden von Cockcroft und Walton 1932 in England ausgeführt. Die Forscher zertrümmerten Lithium mit Protonen, die künstlich in einem elektrischen Feld von 800 kV beschleunigt worden waren. Der aus Li zuerst gebildete Be-Kern zerplatzt sofort nach der Gleichung ${}^{7}_{3}\mathrm{Li} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{8}_{4}\mathrm{Be} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$ in zwei α-Teilchen, die aus der freiwerdenden Masse eine hohe kinetische Energie bekommen. Später zeigte sich, daß man diesen Prozeß noch bei viel niedrigeren Spannungen (Protonenergien) nachweisen kann. Diese merkwürdige Tatsache kann man nicht aus der klassischen Physik verstehen. Man muß ja bedenken, daß der positiv geladene Li-Kern das ankommende ebenfalls positiv geladene Geschoß abstößt. Daß so langsame Protonen trotz dieser Abstoßungskräfte in den Kern eindringen können, läßt sich nur durch die Wellenmechanik beschreiben, und es sei erwähnt, daß Cockcroft und Walton erst durch die Voraussagen dieser Theorie zu ihren Versuchen ermutigt worden sind.

Eine Apparatur für künstliche Beschleunigung von geladenen Teilchen besteht aus einer Hochspannungsanlage und einem Vakuumrohr, in dem der Beschleunigungsvorgang stattfindet. Den einfachen Typ eines solchen Rohres zeigt Abb. 3[7]). Neutrale Gasatome werden durch eine Gasentladung zwischen den zylindrischen

[6]) Elektronen als Geschosse wurden nicht erwähnt, weil es bisher noch nicht gelungen ist, damit Kernumwandlungen hervorzurufen.

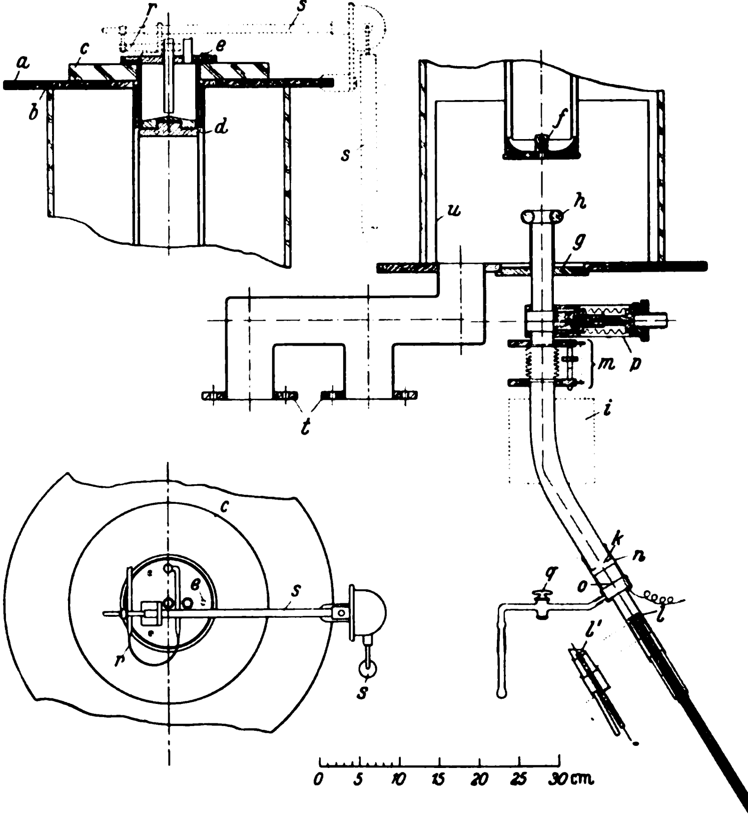
[7]) Im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem in Betrieb; vgl H. Reddemann, Z. Phys. 110 (1938) S. 373.

Digitized by Google

Elektroden des Kanalstrahlrohres *d* ionisiert, treten durch den Kanal *f* aus dem gasgefüllten Entladungsraum in den hochevakuierten Beschleunigungsraum und werden dort zwischen *f* und *h* durch Spannung von einigen hundert kV beschleunigt. Die durch das Magnetfeld *i* ausgesonderten Ionen fallen auf den Auffänger *l*, auf den der umzuwandelnde Stoff aufgebracht ist. Man kann z. B. die oben angegebene Zertrümmerung des Li durch Protonen beobachten, indem man dem Auffänger gegenüber ein Glasfenster anbringt, dessen Innenseite mit Zinksulfid bedeckt ist. Ein auftreffendes α-Teilchen ruft im Zinksulfid einen hellen Lichtblitz hervor, den man mit einer Lupe mühelos wahrnimmt.

Das beschriebene Rohr wird zu einer k ü n s t l i c h e n N e u t r o n e n q u e l l e, wenn Deuteronen beschleunigt und auf eine Auffängersubstanz, die schweren Wasserstoff enthält, geschossen werden[8]). Die Neutronen entstehen nach der Reaktion ${}^{2}_{1}D + {}^{2}_{1}D \longrightarrow {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{3}_{2}He$. Die Energie oder Massengleichung lautet:

$$2{,}0147 + 2{,}0147 + 0{,}0001$$
$$= 4{,}0295 = 1{,}0090 + 3{,}0171 + 0{,}0033 + 0{,}0001.$$



d Elektroden der Ionenquelle — *f* Kanal — *f* ··· *h* Beschleunigungsstufe — *i* Magnetfeld — *l* Auffänger

Abb. 3. Entladungsrohr mit einer Beschleunigungsstufe.

Der aus den beiden Deuteronen zunächst entstandene He-Kern ist gegenüber dem stabilen He mit der Masse 4,0039 viel zu energiereich („angeregter" He-Kern), er zerplatzt sofort in ein Neutron und ein leichteres He-Isotop mit der Masse 3. Die freiwerdenden 0,0033 Masseneinheiten verteilen sich als kinetische Energie auf die beiden Bruchstücke, auf die außerdem natürlich die kinetische Energie des einfallenden Deuterons übertragen wird. Der angegebene Betrag von 0,0001 ME entspricht der kinetischen Energie eines mit 100 kV beschleunigten Deuterons. Bei Spannungen über 400 kV ist es vorteilhafter, statt des schweren Wasserstoffes Beryllium mit Deuteronen zu beschießen, weil die dabei eintretende Reaktion bei höheren Spannungen eine größere Ausbeute liefert[9]).

Zur Herstellung der Beschleunigungsspannungen werden drei gänzlich voneinander verschiedene Verfahren verwendet: Transformatoren mit Vervielfachungsschaltung, elektrostatische Generatoren nach v a n d e G r a a f und das von L a w r e n c e und L i v i n g s t o n entwickelte Cyclotron[10]). Das Prinzip eines van de Graaf-Generators[11]) zeigt Abb. 4. Ein Transportband aus Isolierstoff bringt Ladung auf eine isoliert aufgestellte Metallkugel, die bis zu ihrer Durchbruchsfeldstärke aufgeladen werden kann. Mit einer Kugel von 4,5 m Dmr. auf 6,5 m hohen Isoliersäulen wurde eine Spannung von 2,5 Mill V gegen Erde erreicht. Um diese Abmessungen zu verkleinern, hat man in Amerika neuerdings die ganze Anlage in einem großen Drucktank mit komprimierter Luft aufgebaut. — Das Entladungsrohr wird zweckmäßig unter den Konduktor des Generators gesetzt wie bei der Apparatur der Abb. 5[12]).

Die höchste Teilchenbeschleunigung liefert das Ccylotron (Abb. 6). Zwischen den halbkreisförmigen Elektroden liegt eine Wechselspannung, senkrecht dazu wirkt ein homogenes Magnetfeld. Das durch die in der Mitte befindliche Ionenquelle gelieferte positiv geladene Teilchen wird zwischen den Elektroden beschleunigt, wenn die Spannung ihren Scheitelwert hat, läuft wegen des Magnetfeldes innerhalb der Elektrode auf einen Halbkreis und gelangt in dem Augenblick wieder in den Elektrodenspalt, in dem die Wechselspannung ihre Richtung umgekehrt hat, wird also zum zweitenmal beschleunigt. Das Teilchen wird bei jedem Durchgang durch den Spalt schneller, seine Halbkreisbahn aber entsprechend länger, so daß es für jeden Umlauf dieselbe Zeit braucht und immer im richtigen Zeitpunkt das elektrische Feld durchläuft. Einige Daten des berühmten Lawrenceschen Cyclotrons in Kalifornien seien angegeben: Elektrodenhochfrequenz ± 100 kV bei rd. 20 m Wellenlänge; Energie eines einfach geladenen Teilchens nach 25 Umläufen 5 MeV; Durchmesser der größten Bahn 30 cm; Magnetfeldstärke 18 000 Gauß bei einer dafür aufgewandten Leistung von 24 kW; Stromstärke der auf 6 MeV beschleunigten Deuteronen

$$20 \cdot 10^{-6}\ A^{13}).$$

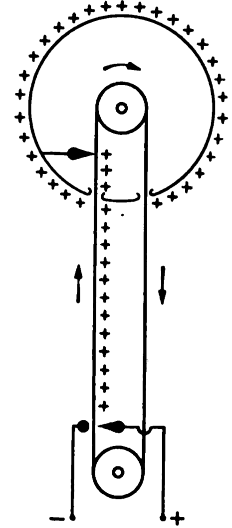


Abb. 4. Prinzip des van de Graaf-Generators.

Ähnlich hoch entwickelte Apparaturen wurden in den letzten Jahren für den Nachweis schneller geladener Teilchen, z. B. der bei einer Kernumwandlung ausgeschleuderten He-Kerne, gebaut. Der Nachweis geladener Korpuskeln beruht auf ihrer Ionisationswirkung. Ein positiv ge-

[8]) Z. B. D_2O in Eisform oder ND_4Cl.

[9]) Eine künstliche Neutronenquelle dieser Art beruht auf der Reaktion ${}^{9}_{4}Be + {}^{2}_{1}D \longrightarrow {}^{11}_{5}B \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{10}_{5}B$.

[10]) Vgl. ETZ 58 (1939) S. 1403.

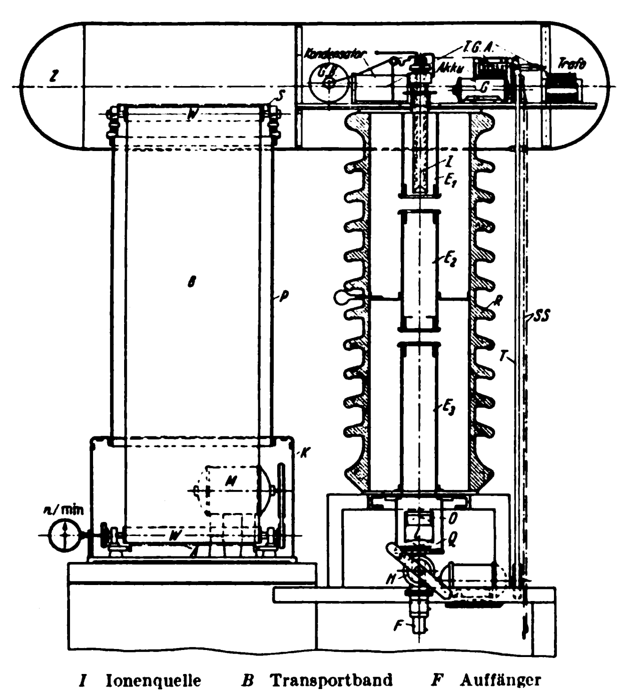
[11]) S. a. ETZ 58 (1937) S. 665.

[12]) W. Bothe u. W. Gentner, Z. Phys. 104 (1937) S. 685.

[13]) Diese an und für sich kleine Stromstärke bringt in der Sekunde $1{,}2 \cdot 10^{14}$ Geschosse auf den Auffänger. Bei etwas anderer Anordnung des Auffängers erreichte man neuerdings bis zu 1 mA.

Digitized by Google

ladenes Geschoß reißt Elektronen aus der Elektronenhülle des Atoms, an dem es vorbeifliegt, läßt also eine Kette von ionisierten Atomen hinter sich. Infolge dieser Ionisationsakte verliert das Geschoß schrittweise seine Energie, bis es schließlich stecken bleibt. Je größer seine



I Ionenquelle *B* Transportband *F* Auffänger

Abb. 5. Van de Graaf mit Entladungsrohr; Beschleunigung in zwei Stufen; die Elektrode E_2 stellt sich von selbst auf ein mittleres Potential ein.

Energie ist, um so mehr Ionen kann es bilden und um so weiter wird es laufen. Läßt man ein geladenes Teilchen in einen mit Wasserdampf übersättigten Gasraum eintreten, so kondensiert sich der Wasserdampf an den vom Teilchen gebildeten Ionen. Die Geschoßbahn wird durch die entstehenden Nebeltröpfchen sichtbar (Wilson-Kammer). Bewegt sich das geladene Teilchen zwischen Kondensatorplatten, an denen eine Spannung liegt, so bewirken die gebildeten Ionen eine Aufladung des Kondensators, d. h. einen Spannungsstoß, der sich proportional verstärken läßt (Ionisationskammer mit Proportionalverstärker, Abb. 7). Die Länge der Nebelbahn in der Wilson-Kammer oder die Größe des Spannungsstoßes in der Ionisationskammer sind ein Maß der Teilchenenergie[14]). Aus den Ausführungen dieses Abschnitts ist wohl ersichtlich, mit welch großem technischen Aufwand die heutige Kernforschung arbeitet. Deshalb ist es zweckmäßig, wenn Physiker und Ingenieur hier zusammenwirken.

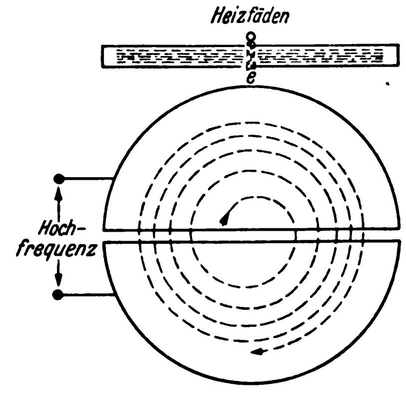


Abb. 6. Prinzip des Cyclotrons.

3. Künstliche Radioaktivität.

Von den mannigfachen Kernumwandlungen, die man mit den im vorigen Abschnitt beschriebenen Mitteln ausführen und nachweisen kann, wollen wir uns einige näher ansehen, welche zu einem künstlich radioaktiven Kern führen. Radioaktiv nennt man einen Kern, der von selbst unter Aussendung von irgendwelcher Strahlung in einen anderen Kern übergeht. Allgemein bekannt ist z. B. das Radium, das durch Ausschleudern von α-Strahlen (He-Kernen) in die sog. Radiumemanation übergeht, welche gasförmig ist und selbst wieder zerfällt. Die Halbwertszeit des Radiums beträgt 1580 Jahre, d. h. von 1 g Radium ist nach diesem Zeitraum die Hälfte zerfallen. Neben den in der Natur vorkommenden kann man nun auch künstlich radioaktive Kerne herstellen. Wenn man z. B. in Platinkerne Neutronen hineinschießt, so sind die neugebildeten um ein Neutron schwereren Kerne instabil und zerfallen unter Aussendung von negativen Elektronen mit einer Halbwertszeit von drei Tagen in Goldkerne. Die Gleichung für diesen Prozeß heißt, wenn wir die radioaktiven Kerne mit einem Stern bezeichnen:

$$^{196}_{78}\mathrm{Pt} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow ^{197}_{78}\mathrm{Pt}^{*} \xrightarrow[3\,\mathrm{d}]{} ^{197}_{79}\mathrm{Au} + \mathrm{e}^{-}.$$

Man kann im Prinzip auf diese Weise künstlich Gold machen. Allerdings braucht man dazu einerseits das kostbarere Platin, anderseits ist, wie wir im vierten Abschnitt sehen werden, die Ausbeute bei solchen Elementumwandlungen so gering, daß sie wohl kaum praktische Bedeutung bekommen werden.

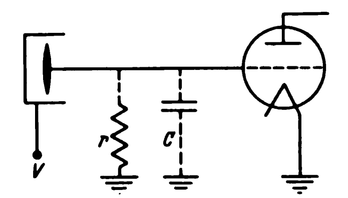


Abb. 7. Ionisationskammer; die Spannungsstöße werden auf das Gitter der ersten Röhre des Proportionalverstärkers gegeben.

Beschießt man ein Rhodiumblech mit Neutronen, so geschieht etwas Neues. Es entstehen nach der Reaktion:

$$^{103}_{45}\mathrm{Rh} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \begin{cases} \nearrow\ ^{104}_{45}\mathrm{Rh}^{*} \xrightarrow{44\,\mathrm{s}} \\ \searrow\ ^{104}_{45}\mathrm{Rh}^{**} \xrightarrow{4\,\mathrm{min}} \end{cases} ^{104}_{46}\mathrm{Pd} + \mathrm{e}^{-}$$

radioaktive Kerne $^{104}_{45}\mathrm{Rh}^{*}$ und $^{104}_{45}\mathrm{Rh}^{**}$, die zwar aus der gleichen Anzahl Protonen und Neutronen aufgebaut sind, sich aber in verschiedenen Anregungszuständen befinden müssen, da sie mit verschiedenen Halbwertszeiten in das stabile Palladium übergehen. Man nennt solche aus gleichen Teilen aufgebaute, aber energetisch unterschiedene Kerne „isomer". Ein weiteres Beispiel für Isomerie ist das $^{106}_{47}\mathrm{Ag}$ in Abb. 8, das mit 24 min oder acht Tagen Halbwertszeit zerfällt. Man kann noch weitere radioaktive Silberkerne künstlich herstellen, die sich durch ihre Masse unterscheiden und die je nach der angegebenen Pfeilrichtung der Abb. 8 aus den in der Natur vorkommenden stabilen Silberkernen 107 und 109 oder aus Nachbarelementen gewonnen werden.

G e w i c h t s m ä ß i g sind die Mengen, die man künstlich an radioaktiver Substanz herstellen kann, sehr gering. Bei Beschießung mit den Neutronen, die 1 g Radium gemischt mit Beryllium liefert, bis zur Sättigung, d. h. bis ebensoviel radioaktive Kerne neu entstehen wie zerfallen, stecken in der Substanz der Größenordnung nach 10^{-15} g radioaktive Kerne. Solch kleine Mengen enthalten aber so viele Atome, daß die Strahlenwirkung trotzdem — besonders bei schnell zerfallenden Kernen — sehr stark ist. Z. B. senden 10^{-15} g $^{110}_{47}\mathrm{Ag}^{*}$ (Halbwertszeit 22 s) in der ersten Sekunde nach Wegnahme der Neutronenquelle einige 100 000 Elektronen aus.

Der Nichtfachmann wird hier fragen, wie sich solche Entstehungsprozesse für radioaktive Kerne experimentell

[14]) Neutronen rufen keine Ionisationswirkung hervor, da sie ja ungeladen sind. Man kann sie aber mit diesen Verfahren nachweisen, da sie durch Stoß einen geladenen Kern in Bewegung setzen können, der nun seinerseits Ionen bildet.

Digitized by Google

beweisen lassen. In einem mit Neutronen beschossenen Kupferblech stecken z. B. nach der Reaktion

$$^{65}_{29}\mathrm{Cu} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{66}_{29}\mathrm{Cu}^*$$

eine Anzahl radioaktiver Kerne, die Elektronen aussenden, wie man mit einem Zählrohr nachweisen kann. Löst man nun das Blech chemisch vollständig auf, fällt dann das Kupfer mit einer geeigneten chemischen Reaktion wieder aus und findet, daß die Radioaktivität im Niederschlag sitzt, so ist damit gezeigt, daß die radioaktiven Kerne Kupfer sein müssen. Folgt weiterhin aus der Ablenkung der Elektronen im Magnetfeld, die man in einer Wilson-Kammer unmittelbar sehen kann, daß es sich um negative Elektronen handelt, so weiß man, daß der radioaktive Cu-Kern sich in Zink (Kernladung 30) umwandelt, da ja seine positive Kernladung um 1 größer wird.

Abb. 8. Künstliche Radioaktivität beim Silber; es bedeuten: Z Kernladung; A Massenzahl; Quadrate stabile Elemente mit Häufigkeitsangabe ihres natürlichen Vorkommens; Kreise mit Angabe der Halbwertzeit künstlich radioaktive Elemente; Pfeile zeigen Herstellungs- und Zerfallsrichtung der Ag-Isotope, z. B. $^{109}_{47}\mathrm{Ag} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{110}_{47}\mathrm{Ag}^*$; $^{110}_{47}\mathrm{Ag}^* \xrightarrow[22\,\mathrm{s}]{} {}^{110}_{48}\mathrm{Cd} + e^-$ oder $^{115}_{49}\mathrm{In} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{112}_{47}\mathrm{Ag}^* + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$; $^{112}_{47}\mathrm{Ag}^* \xrightarrow[3{,}2\,\mathrm{h}]{} {}^{112}_{48}\mathrm{Cd} + e^-$.

Bei den Kernumwandlungen, bei welchen, wie wir soeben kennen lernten, ein Neutron vom Kern eingefangen wird, machte man weitere bemerkenswerte Erfahrungen. Erstens zeigte sich, daß Neutronen geringer Energie (Geschwindigkeit) viel stärker vom Kern eingefangen werden als schnelle Neutronen. Man kann sich das ungefähr so anschaulich machen, daß langsame Neutronen beim Durchlaufen einer Substanz länger in der Nähe eines Kernes verweilen als schnelle und deshalb eine größere Möglichkeit haben, in den Kern hinein zu kommen. Von den gebräuchlichen Neutronenquellen (Abschnitt 2) gehen schnelle Neutronen aus (Energien von einigen MeV, Geschwindigkeiten von mehreren tausend km/s entsprechend). Sie werden durch Verlangsamung auf Geschwindigkeiten von einigen km/s gebracht, wenn man sie durch wasserstoffhaltige Stoffe, wie Wasser oder Paraffin, hindurchgehen läßt, weil sie darin durch elastische Zusammenstöße mit den gleichschweren Wasserstoffkernen ihre Energie abgeben (vgl. den Stoß zweier Billardkugeln)[15]. In Bleischichten dagegen sind Neutronen schlecht zu bremsen, weil sie elastisch an den viel schwereren Bleikernen abprallen, ohne beträchtlich an Energie zu verlieren. Man sieht in kernforschenden Laboratorien deshalb oft große Paraffinblöcke, die zum Bremsen von Neutronen dienen[16].

Bei den Versuchen mit langsamen Neutronen zeigten sich weiterhin die merkwürdigen Ergebnisse, daß erstens ein bestimmtes Element nur langsame Neutronen einer ganz bestimmten Energie, z. B. 2 eV oder 5 eV einfängt, für Neutronen anderer Energien aber praktisch durchlässig ist, und daß zweitens der Querschnitt, den der betreffende Atomkern dem Neutron der richtigen Energie entgegenstellt, mehrere tausendmal größer als der geometrische Querschnitt des Kerns sein kann („Resonanzeinfang" von Neutronen). Man kann auch sagen, ein „Resonanzneutron" tritt so stark in Wechselwirkung mit den Atomkernen, als ob sein Querschnitt tausendmal größer als sein wirklicher geometrischer Querschnitt wäre. Diese auffallende Erscheinung wird nur verständlich, wenn man dem Neutron einen Wellencharakter zuschreibt[17]. Gerade die Neutronenwelle mit Resonanzwellenlänge wird stark absorbiert[18].

Eine außerordentlich wichtige Entdeckung schließlich wurde vor wenigen Monaten bei dem schwersten Element, dem aus 92 Protonen und 146 Neutronen bestehenden Uran, gemacht. Otto Hahn und Fritz Straßmann im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie wiesen nach, daß der Urankern, nachdem er ein Neutron eingefangen hat, in zwei annähernd gleich schwere Bruchstücke zerplatzt (Massen von der Größe 100 ME). Als Bruchstücke wurden zuerst die mittelschweren Kerne Xenon und Strontium mit den Kernladungen 54 und 38, zusammen gleich der des Urans, nämlich 92, chemisch nachgewiesen. Der Urankern kann, wie sich weiterhin ergab, auch in andere Kernbruchstücke zerfallen. Bei der Zerspaltung werden außerdem einzelne Neutronen sozusagen abgesplittert. Auch andere schwere Kerne sind schon durch Neutronenbeschuß zerspalten worden. Diese Zerspaltung schwerer Kerne ist etwas ganz Neuartiges, denn bisher waren als die schwersten herausgeschlagenen Stücke bei Kernumwandlungen nur Heliumkerne bekannt. Da die neuentstehenden mittelschweren Kerne größtenteils radioaktiv zu sein scheinen, wird der Kernforschung durch die Hahn-Straßmannsche Entdeckung ein neues weites Arbeitsfeld eröffnet.

Die beiden Bruchstücke des Urankerns fliegen mit einer Energie von rd. 200 MeV auseinander, d. i. zehnmal mehr als bisher bei Kernumwandlungen bekannt war. Diese große Energie wird aus Masse frei, denn Xenon + Strontium sind leichter als der Urankern. Man kann sich den Zerspaltungsvorgang vielleicht so vorstellen: das in den Kern eingedrungene Neutron gibt Energie ab, da es innerhalb des Kerns leichter als außerhalb ist[19]. Diese freiwerdende Energie reicht aus, um den Kern in zwei Hälften zu ordnen. Die nun aus Urankernmasse freiwerdende Energie zerreißt das Gefüge des Urankerns und schleudert die Bruchstücke auseinander.

4. Praktische Anwendung von Kernumwandlungen.

Der Wissenschaftler, der in der reinen Forschung arbeitet, findet auf die Frage, warum man denn alle die Untersuchungen mache, meistens zunächst keine Antwort. Die Sache selbst, nicht die Möglichkeit ihrer Anwendung, scheint ihm so interessant, daß er diese Frage gar nicht stellt. Als Galvani bei seinen Froschschenkelexperimenten die Elektrizität als neue Naturkraft entdeckte, dachte er sicher nicht daran, daß 100 Jahre später Elektromotoren laufen würden. Der Ingenieur dagegen ist gewohnt, praktischer zu denken. Da man außerdem bereits in der Medizin die Strahlung aus künstlichen Kernumwandlungen zu Heilzwecken nutzbar zu machen sucht,

[15]) Die untere Grenze der Verlangsamung ist durch die Wärmebewegung der H-Atome gegeben.

[16]) Wasserstoffhaltige Stoffe sind auch der einzig mögliche Schutz vor Neutronen, die in genügend dicken Schichten schließlich stecken bleiben.

[17]) Vgl. Beugungserscheinungen mit Elektronenstrahlen und umgekehrt korpuskulare Wirkung des Lichts.

[18]) Im Beispiel der Abb. 1 ist der wirkliche Querschnitt der Atomkerne 0,0001 cm²; für Neutronen der Resonanzenergie kann der Querschnitt 10 000mal größer also = 1 cm² werden, d. h. alle Neutronen dieser Energie bleiben in der dünnen Schicht stecken.

[19]) Vgl. auch den Aufbau des Deuterons in Abschnitt 1. Ein Neutron wird stets bei Einbau in einen Kern leichter. Die freiwerdende Energie kann als γ-Strahlung ausgestrahlt werden. Sie entspricht der „Bindungsenergie" des Neutrons im Kern, denn man muß sie umgekehrt zuführen, um das Neutron aus dem Kern frei zu machen.

Digitized by Google

sei im folgenden die technische Anwendbarkeit von Kernzertrümmerungen erörtert.

In der Medizin werden die γ-Strahlen natürlich radioaktiver Elemente (Radium) zu Heilbestrahlungen benutzt. Diese γ-Strahlen entstehen dadurch, daß ein Kern, der sich durch radioaktiven Zerfall aus einem anderen gebildet hat, sich in einem „angeregten" Zustand befindet und dann seinen Energieüberschuß ausstrahlt. Auch bei den künstlich erzeugten radioaktiven Elementen tritt γ-Strahlung auf, die man zu medizinischen Zwecken verwenden kann. Geeignet ist dazu radioaktives Natrium, das aus dem stabilen Natrium durch Deuteronenbeschuß entsteht[20]). Mit den großen Hochspannungsanlagen werden schon Präparate hergestellt, die ebensoviel γ-Strahlung wie 5 g Radium geben. Solch große Radiummengen stehen in wenigen Krankenhäusern zur Verfügung. Das Radio-Natrium hat außerdem den Vorteil, daß man es in den Körper einführen kann, weil seine Strahlenwirkung wegen des Zerfalls sicher in einigen Tagen verschwindet. Neuerdings werden bei dem Cyclotron in Californien auch Versuche mit Neutronenbestrahlung Krebskranker angestellt. Man erzeugt mit dem Cyclotron durch den Prozeß Be + D (vgl. Fußnote 9) ebensoviel Neutronen, wie durch die Mischung eines Doppelzentners Radium mit Berylliumpulver entstehen würden!

Wenden wir uns jetzt der künstlichen Elementherstellung zu, so sieht hier die Lage nach dem, was die Physik bisher über die Kernumwandlungen weiß, ziemlich hoffnungslos aus. Das wird sofort klar, wenn wir uns an die geringe Treffmöglichkeit mit Kerngeschossen erinnern (vgl. Abschn. 1). Nehmen wir als Beispiel die Herstellung von Gold durch Beschießung von Platin mit Deuteronen[21]). Ein Geschoßstrom von 100 mA (d. i. hundertmal mehr, als bisher im Cyclotron erreicht wurde) bringt rd. 10^{18} Geschosse in der Sekunde in das Platinblech. Davon treffen aber nur ungefähr 10^{14} Geschosse einen Platinkern, d. h. in der Sekunde werden 10^{14} Goldkerne neu gebildet[22]). Da in 1 g Gold rd. 10^{21} Atome sind, braucht man 10^7 s, also ungefähr ein Jahr, um 1 g Gold herzustellen, und muß dabei die ganze Zeit 100 mA bei 10^6 V, d. s. 100 kW, aufwenden — eine sicher zu teure Verwirklichung des alten Alchimistentraumes[23]).

Mit diesem Beispiel ist gleichzeitig die Frage der Energiegewinnung aus Kernreaktionen in ungünstigem Sinne beantwortet. Bei einer einzelnen Kernumwandlung kann allerdings, wie wir an mehreren Beispielen sahen, Energie aus Masse frei werden. So gewinnt man z. B., wenn man ein Proton von 1 MeV in einen Lithiumkern schießt, 17 MeV, d. h. das 17fache in Form von kinetischer Energie der beiden entstehenden α-Teilchen, die ihre Energie bei Bremsung durch Materie in Wärme umwandeln. Könnte man alle Kerne in 1 g Lithium in dieser Weise zertrümmern, so entstände die beträchtliche Energie von 70 000 kWh. Leider muß man aber, wie wir wissen, 10 000 Schuß, d. h. 10 000 MeV aufwenden, um einmal einen Lithiumkern zu treffen und 17 MeV zu gewinnen.

Wir wollen das Gebiet der Kernphysik aber nicht verlassen, ohne einen hoffnungsvolleren Ausblick gewonnen zu haben. Wir wollen uns noch einmal kurz der neuentdeckten Hahn-Straßmannschen Uranzerspaltung zuwenden. Es wurde schon erwähnt, daß bei diesem Zerplatzen schwerer Kerne mehrere Neutronen als Splitter ausgeschleudert werden. Dann kann man folgendes Gedankenexperiment machen: Wir setzen in die Mitte eines großen Uranblockes eine Neutronenquelle. Eins der davon ausgehenden Neutronen treffe einen Urankern und zerspalte ihn. Dabei mögen mehrere Neutronen freiwerden, die nun ihrerseits wieder neue Uranzerspaltungen, d. h. neue Neutronen auslösen. So wächst die Zahl der Neutronen lawinenartig an, und wegen der hohen Geschwindigkeiten der Neutronen (viele km in der Sekunde) werden sämtliche Urankerne im Block im Bruchteil einer Sekunde zerspalten. Dabei wird aus 1 kg Uran die ungeheure Energie von 20 Mill kWh frei; der Uranblock explodiert mit unvorstellbarer Gewalt. Da es inzwischen gesichert ist, daß bei Uranzerspaltungen Neutronen frei werden[24]), darf man sich die Möglichkeit eines solchen Experimentes ernsthaft überlegen. Ob man es allerdings wirklich ausführen kann, ist nicht gesagt, da die Neutronen beim Durchlaufen des Uranblockes auch von Urankernen absorbiert werden können, ohne zur Kernspaltung zu führen und damit für die „Lawine" verloren gehen[25]). Dieses Beispiel sollte zeigen, daß man in der Wissenschaft nur bedingte Voraussagen machen kann, da man nicht weiß, welch wunderbare Wege uns die Natur noch führen wird.

---

[20]) Nach dem Prozeß:

$$^{23}_{11}\mathrm{Na} + ^{2}_{1}\mathrm{D} \longrightarrow ^{24}_{11}\mathrm{Na}^{*} + ^{1}_{1}\mathrm{H};\; ^{24}_{11}\mathrm{Na}^{*} \xrightarrow[15\,\mathrm{h}]{} ^{24}_{12}\mathrm{Mg} + e^{-}.$$

Das ausgeschleuderte Elektron bekommt seine Energie aus der Massendifferenz von $^{24}_{11}\mathrm{Na}^{*}$ und $^{24}_{12}\mathrm{Mg}$. Geht es mit kleinerer Energie heraus, so bildet sich der Magnesiumkern in energiereicherem Zustand und sendet den Energierest als γ-Strahlung aus.

[21]) $$^{196}_{78}\mathrm{Pt} + ^{2}_{1}\mathrm{D} \longrightarrow ^{197}_{78}\mathrm{Pt}^{*} + ^{1}_{1}\mathrm{H};\; ^{197}_{78}\mathrm{Pt}^{*} \xrightarrow[15\,\mathrm{h}]{} ^{197}_{79}\mathrm{Au} + e^{-}.$$

[22]) Es sei nochmal daran erinnert, daß die eigentliche Elementumwandlung im Kern vor sich geht. Die zwischen den Kernen befindlichen Elektronen ordnen sich um den neu entstandenen Kern zum vollständigen Atom.

[23]) Die aufgewandte elektrische Energie setzt sich natürlich in Auffängerwärme um.

[24]) Vergl. z. B. G. v. Droste u. H. Reddemann, Naturwiss. 27 (1939) S. 371.

[25]) Eine Erörterung dieser die Physiker augenblicklich sehr beschäftigenden Fragen findet sich in einem Bericht von S. Flügge, Naturwiss. 27 (1939) S. 402.

Konvektionsströmung in der Umgebung von Luftlichtbögen.

DK 537.523.5 : 536.253

Die Wärmeströmung in der Nähe fester Körper ist ausreichend bekannt; die Geschwindigkeit ist an der Oberfläche des heißen Körpers wie auch in einiger Entfernung von demselben gleich Null, während sie in unmittelbarer Nähe des Körpers ihr Maximum hat. Der Verfasser[1]) hat sich die Aufgabe gesetzt, die Konvektionsströmungen in der Nähe von Luftlichtbögen zu messen. Er bedient sich eines Verfahrens von Kenty, der die Strömungsgeschwindigkeiten in der Nähe eines Quecksilberbogens durch Einblasen von Staub aus Kalk und Magnesiumoxyd gemessen hat, indem er den Weg der glühenden Partikel photographierte. Bei einem Luftlichtbogen von 4 A und einer Bogenlänge von 3 cm bekam der Verfasser die besten Ergebnisse mit ganz feinem Borstickstoffpuder, dessen Teilchen etwa die Größe von $^{1}/_{100}$ mm hatten. Bei dieser Feinheit war auch eine Korrektur der Eigenbewegung der Teilchen nicht erforderlich, da selbst bei dem viel gröberen Kohlenstaub mit fast der 10fachen Teilchengröße eine Fallgeschwindigkeit von nur 17 cm/s bei 1000° K und 5 cm/s bei 6000° K in ruhiger Luft festgestellt wurde. Die photographische Ausmessung der Teilchengeschwindigkeit ergab nun im Innern des Lichtbogens die maximale Geschwindigkeit von 1,3 m/s, in einer Entfernung von 1 cm 0,5 m/s und erst in 2,5 cm Entfernung war die Konvektionsströmung gleich 0. (Der Lichtbogendurchmesser betrug 0,7 cm.) Die Auswertung der Geschwindigkeitskurve ergibt, daß der gesamte Wärmefluß 75% der elektrisch in den Lichtbogen hineingesteckten Leistung beträgt. Ferner gestattet das Meßergebnis, die Temperatur im Innern des Lichtbogens zu bestimmen. Indem die durch die Differenz der Gasdichte nach außen wirkenden Kräfte (Auftrieb) und die infolge der inneren Reibung (Viskosität) hemmenden Kräfte einander gleichgesetzt werden, erhält man eine Viskosität von 0,0018, der nach Hassé und Cook eine Temperatur von 7000° K entspricht. *W. Kn.*

[1]) C. G. Suits, Phys. Rev. 55 (1939) S. 198; 3½ S., 1 Abb.

Digitized by Google

Schaltung zum Nachbilden großer Drehstromgeneratoren für Regelversuche mit selbsttätigen Spannungsreglern.

Von Alfred Lang VDE, Eßlingen a. N.

DK 621.313.322.012 : 621.316.7.001.57

Übersicht. Für die Durchführung von Regelversuchen mit selbsttätigen Spannungsreglern im Laboratorium wird eine von Prof. Dr. A. Leonhard angegebene Schaltung beschrieben, welche die Nachbildung von Drehstromgeneratoren bis zu den größten Leistungen auf einfache Weise ermöglicht. Sie wurde im Elektrotechnischen Institut der T. H. Stuttgart bei Regelversuchen verwendet. Die Zeitkonstante der Ersatzschaltung, welche der Hauptfeldzeitkonstante des nachgebildeten Drehstromgenerators entspricht, wird berechnet.

Der zunehmende Verbundbetrieb der Kraftwerke stellt erhöhte Forderungen an die Schnelligkeit der selbsttätigen Spannungsregelung. Es hat sich daher in letzter Zeit erneut die Frage nach den Schnellregeleigenschaften der verschiedenen Spannungsregler und ihrer diesbezüglichen Nachprüfung im Laboratorium erhoben. Die Theorie der selbsttätigen Spannungsregelung elektrischer Maschinen zeigt nun, daß die Güte selbsttätiger Spannungsregler hinsichtlich der Schnelligkeit der Regelung nur im Zusammenarbeiten mit großen Maschinen, d. h. Maschinen mit großer elektromagnetischer Trägheit, wie sie im allgemeinen im Laboratorium nicht zur Verfügung stehen, einwandfrei beurteilt werden kann[1]). Bei kleiner Trägheit der geregelten Maschinen bietet die selbsttätige Spannungsregelung keine Schwierigkeiten. Daher wird der Güteunterschied der verschiedenen Spannungsschnellregler bei solchen Regelverhältnissen nicht augenfällig, und es können derartige Regelversuche kaum zur Stützung einer Reglertheorie dienen, die sich mit der selbsttätigen Spannungsregelung größerer Maschinen befaßt.

Zur Bestätigung einer Reglertheorie ist es außerdem erwünscht, daß Regelvorgänge bei verschiedenen Hauptfeld-Zeitkonstanten T_m des geregelten Drehstromgenerators experimentell aufgenommen werden. Dann können die theoretisch gemachten Aussagen über den Einfluß der Hauptmaschinen-Zeitkonstante auf den Regelverlauf experimentell nachgeprüft werden. Um Regelkurven bei verschiedenen Zeitkonstanten T_m vergleichen zu können, ist es notwendig, daß die übrigen Versuchsbedingungen dieselben bleiben.

Da die Induktivität der Erregerwicklung des Drehstromgenerators vom Arbeitspunkt auf der Maschinenkennlinie abhängt, den wieder die Belastung bestimmt, ist die Zeitkonstante T_m des Drehstromgenerators eine Funktion der Belastung. In der Reglertheorie muß aber T_m im Interesse einer einfachen Darstellung konstant angenommen werden, d. h. es dürfen bei der Durchführung von Regelversuchen nur kleine Laständerungen vorgenommen werden, innerhalb derer T_m mit hinreichender Genauigkeit als unabhängig von der Belastung angesehen werden kann. Bei kleinen Laständerungen werden dann die Regelkurven, die den zeitlichen Verlauf der Abweichung der Generatorspannung vom Sollwert darstellen, ungenau.

Mit Hilfe einer Ersatzschaltung gelingt es, beliebig große Maschinen mit belastungsunabhängiger Hauptfeldzeitkonstante bei gleichen Versuchsverhältnissen auf einfache Weise nachzubilden, wodurch die Vorbedingungen geschaffen sind, die eine einwandfreie Beurteilung von Spannungsreglern im Laboratorium ermöglichen. Es können jetzt verschieden große Zeitkonstanten T_m bei denselben Versuchsbedingungen eingestellt und große Laständerungen vorgenommen werden. Die Ersatzschaltung muß so beschaffen sein, daß der Verlauf der Maschinenspannung U des Drehstromgenerators bei einer Laständerung richtig wiedergegeben wird.

Bevor die Ersatzschaltung besprochen wird, muß kurz an das Verhalten des Drehstromgenerators hinsichtlich Erregerstrom und Spannung bei Laständerung erinnert werden. In Abb. 1 b ist das Stromdiagramm eines rein induktiv belasteten Drehstromgenerators dargestellt. Der Magnetisierungsstrom I_m, der sich aus dem Erregerstrom I_e und dem Ankerstrom I_a zusammensetzt, bestimmt die Größe der inneren Spannung E_0 des Drehstromgenerators. Im Falle der vollständigen Entlastung wird die Ankerrückwirkung Null ($I_a = 0$), und es steht der volle Erregerstrom I_e zur Magnetisierung zur Verfügung. Das Hauptfeld des Generators kann sich aber nicht plötzlich ändern, wenn die Entlastung plötzlich erfolgt. Daher muß der Erregerstrom I_e im Augenblick der Entlastung sofort um einen gewissen Betrag kleiner werden, so daß der Erregerstrom gerade gleich dem Magnetisierungsstrom bei Belastung wird. Entsprechend der Hauptfeldzeitkonstante T_m steigt nun der Erregerstrom auf seinen ursprünglichen Wert an.

a Drehstromgenerator mit Erregermaschine R_v Regelwiderstand
b Stromdiagramm des induktiv belasteten Drehstromgenerators
c Verlauf der Maschinenspannung U und des Erregerstromes I bei plötzlicher Entlastung zur Zeit t_0

Abb. 1.

Die Maschinenspannung springt im Augenblick der Entlastung um den Betrag σU_0, der dem Spannungsabfall in der Ankerwicklung infolge Streuinduktivität entspricht (der ohmsche Widerstand der Ankerwicklung sei vernachlässigt). Durch den Wegfall der Ankerrückwirkung tritt eine Erhöhung der inneren Spannung E_0 um ΔU_0 auf, deren zeitlicher Verlauf entsprechend dem Erregerstrom einer Exponentialfunktion mit der Zeitkonstanten T_m folgt.

[1]) A. Lang, Der direkte und indirekte Spannungsregler in einheitlicher Betrachtungsweise. Diss. Stuttgart 1939.

Digitized by Google

Ersatzschaltung des Drehstromgenerators.

Zwischen eine Erregermaschine und eine kleine Synchronmaschine wird ein Motorgenerator geschaltet und dadurch die mechanische Zeitkonstante des Motorgenerators in eine elektrische umgeformt. Ist die Hauptfeldzeitkonstante der kleinen Synchronmaschine sehr klein gegen die mechanische Zeitkonstante des Motorgenerators, so verläuft die Spannung der Synchronmaschine bei sprunghafter Änderung der Erregermaschinenspannung E nach einer Exponentialfunktion mit einer Zeitkonstante, die gleich der des Motorgenerators ist.

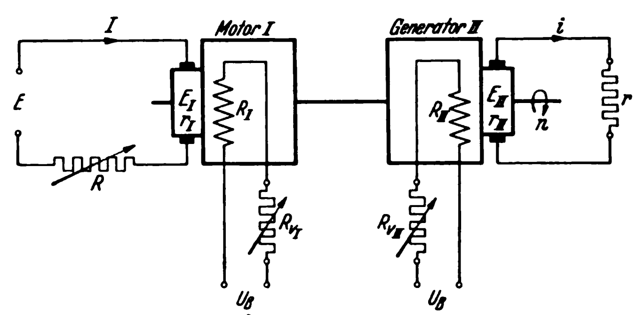


Abb. 2. Ersatzschaltbild großer Drehstromgeneratoren.

Am Eingang des Motorgenerators liegt über einen regelbaren Widerstand R die Erregermaschinenspannung E[1]). Am Ausgang des Motorgenerators liegt die Erregerwicklung der kleinen Synchronmaschine mit dem Widerstand r. Die Induktivität der Erregerwicklung sei dabei vernachlässigt. Dies ist statthaft, solange die mechanische Zeitkonstante des Motorgenerators groß ist gegen die elektromagnetische Zeitkonstante der Erregerwicklung. Der Motorgenerator wird mit der Batteriespannung U_B fremderregt.

Es wird nun der Verlauf des Erregerstroms i untersucht, wenn die Eingangsspannung E des Motorgenerators sprunghaft vergrößert wird.

Dabei werden folgende Voraussetzungen gemacht:

1. Motor und Generator sind konstant erregt. Die Ankerrückwirkung ist Null.
2. Die Eisen- und Reibungsverluste des Motorgenerators sind unabhängig von der Drehzahl.
3. Die elektromagnetischen Zeitkonstanten der Stromkreise I und i sind vernachlässigbar klein gegen die mechanische Zeitkonstante des Motorgenerators.

Unter diesen Voraussetzungen erhält man für den Beschleunigungsvorgang folgende Gleichungen:

$$E = I(R + r_I) + E_I \tag{1}$$

$$E_I = (E/n)_I\, n = C_2\, n \tag{2}$$

$$M_I = \frac{E_I I}{n \cdot 1{,}027} - M_{v_I} = M_{v_{II}} + \Theta \frac{d\omega}{dt} + M_{II} \tag{3}$$

$$M_{II} = \frac{E_{II}\, i}{n \cdot 1{,}027} \tag{4}$$

$$i = E_{II}/(r_{II} + r) \tag{5}$$

$$E_{II} = (E/n)_{II}\, n = C_3\, n \tag{6}$$

$$M_v = M_{v_I} + M_{v_{II}} \tag{7}$$

$$I_v = \frac{1{,}027\, M_v\, n}{E_I} \tag{8}$$

Hierbei bedeuten:

E_I bzw. E_{II} innere Spannungen des Motors bzw. Generators
M_I bzw. M_{II} ideelle Momente des Motors bzw. Generators
M_{v_I} bzw. $M_{v_{II}}$ Verlustmoment des Motors bzw. Generators (Eisen + Reibungsverluste)
M_v gesamtes Verlustmoment des Motorgenerators
I_v dem gesamten Verlustmoment entsprechender Strom
Θ Trägheitsmoment des Motorgenerators.

[1]) Mit U ist die Spannung des Drehstromgenerators bezeichnet, s. Abb. 1.

Aus der Gl. (3) erhält man:

$$I = \left(M_v + \Theta \frac{d\omega}{dt} + M_{II}\right) \cdot 1{,}027/C_2\,, \tag{9}$$

wo $\omega = \frac{\pi n}{30}$. Ferner sei $1{,}027\, \Theta \frac{\pi}{30} = C_1$.

Mit Hilfe von Gl. (4), (5), (6), (8) wird Gl. (9) umgeformt:

$$I = I_v + \frac{C_1}{C_2 C_3} \frac{dE_{II}}{dt} + \frac{C_3}{C_2} \frac{E_{II}}{(r_{II} + r)}\,. \tag{10}$$

Diesen Wert für I in Gl. (1) eingesetzt, ergibt:

$$E = \frac{dE_{II}}{dt} \underbrace{\frac{C_1}{C_2 C_3}(R + r_I)}_{A} + E_{II} \underbrace{\left[\frac{C_3}{C_2}\frac{R + r_I}{r + r_{II}} + \frac{C_2}{C_3}\right]}_{B} + I_v (R + r_I)\,. \tag{11}$$

Der Beschleunigungsvorgang wird durch die Größen E_I, E_{II} oder n gekennzeichnet. Es interessiert vor allem der zeitliche Verlauf des Erregerstromes i, der aber nach Gl. (5) in einer linearen Beziehung zur inneren Spannung E_{II} steht. Für E_{II} ergibt sich eine lineare Differentialgleichung erster Ordnung mit konstanten Koeffizienten [Gl. (11)]. [Nach Voraussetzung sind die Eisen- und Reibungsverluste unabhängig von der Drehzahl angenommen, nach Gl. (8) und (2) ist damit auch I_v konstant.] Die Lösung dieser Differentialgleichung ergibt eine Exponentialfunktion mit der Zeitkonstanten $T_m = A/B$. Der zeitliche Verlauf des Erregerstromes i der nachgebildeten Synchronmaschine ist somit derselbe wie bei einer wirklichen Maschine. Die Zeitkonstante dieser nachgebildeten Synchronmaschine ist

$$T_m = \frac{C_1 (R + r_I)(r + r_{II})}{C_2^2 (r + r_{II}) + C_3^2 (R + r_I)}\,. \tag{12}$$

Für praktische Fälle ist $r \gg r_{II}$ und $R \gg r_I$, d. h. die Widerstände der Ankerwicklungen des Motorgenerators sind dann gegen die übrigen Widerstände der Ankerkreise zu vernachlässigen. Zur Vereinfachung der Gl. (12) seien die Ankerwiderstände weggelassen, bzw. sei der jeweilige Ankerwiderstand in den übrigen Widerstand R bzw. r des Ankerkreises mit einbezogen gedacht.

Die Zeitkonstante des Motorgenerators und damit die des nachgebildeten Drehstromgenerators wird dann:

$$T_m = \frac{C_1\, r R}{C_2^2\, r + C_3^2\, R}\,. \tag{13}$$

Es läßt sich leicht zeigen, daß T_m die Anlaufzeitkonstante des Motorgenerators darstellt, also

$$T_m = \frac{\Theta\, \omega_n}{M_{st}} = \frac{\Theta\, n_n}{M_{st}} \cdot \frac{\pi}{30}\,, \tag{14}$$

wo n_n die stationäre Drehzahl des Motorgenerators ist, die sich einstellt, wenn etwa die Motorspannung E vom Werte 0 bis zum Werte E geändert wird (s. Abb. 2). M_{st} ist das Stillstandsmoment des Gleichstrom-Nebenschlußmotors.

Die stationäre Drehzahl n_n ergibt sich aus der Bedingung, daß das treibende Moment M_I des Motors gleich dem Widerstandsmoment M_{II} des Generators ist. Nun ist bei Vernachlässigung des Verlustmomentes:

$$M_I = \left(\frac{E}{n}\right)_I \frac{I}{1{,}027}\,, \quad \text{wo } I = \frac{E\left(1 - \frac{n}{n_0}\right)}{R} \quad \text{und } \frac{E}{n_0} = \left(\frac{E}{n}\right)_I$$

$$\text{also } M_I = \frac{\left(\frac{E}{n}\right)_I^2 (n_0 - n)}{1{,}027\, R} = \frac{C_2^2 (n_0 - n)}{1{,}027\, R} \tag{15}$$

n_0 ist die Leerlaufdrehzahl des Motors.

Digitized by Google

Ferner ist $M_{II} = \frac{\left(\frac{E}{n}\right)_{II} i}{1{,}027} = \left(\frac{E}{n}\right)_{II}^2 \frac{n}{1{,}027\, r} = \frac{C_3^2 n}{1{,}027\, r}$ (16)

da $i = \frac{E_{II}}{r}$.

Für $M_I = M_{II}$ ergibt sich die stationäre Drehzahl zu:

$$n_n = \frac{C_2^2 r}{C_2^2 r + C_3^2 R} n_0. \tag{17}$$

Das Motorstillstandsmoment M_{st} ist nach Gl. (15) für $n = 0$:

$$M_{st} = \frac{C_2^2 n_0}{1{,}027 R}.$$

Werden die Werte für n_n und M_{st} in Gl. (14) eingesetzt, so erhält man die Darstellung der mechanischen Zeitkonstante T_m in der Form der Gl. (13).

Für $r = \infty$ wird nach Gl. (17) $n_n = n_0$ und nach Gl. (14) bzw. (13)

$$T_{m_0} = \frac{\Theta\, \omega_0}{M_{st}} = \frac{C_1 R}{C_2^2}. \tag{18}$$

T_{m_0} stellt dann die Leeranlaufzeitkonstante des Gleichstromnebenschlußmotors dar.

Durch eine analoge Rechnung überzeugt man sich leicht, daß für den Fall der Verzögerung des Motorgenerators (das entspricht dem Fall der Belastung der nachgebildeten Synchronmaschine) der zeitliche Verlauf des Erregerstromes i ebenfalls durch eine Exponentialfunktion mit derselben Zeitkonstante gegeben ist.

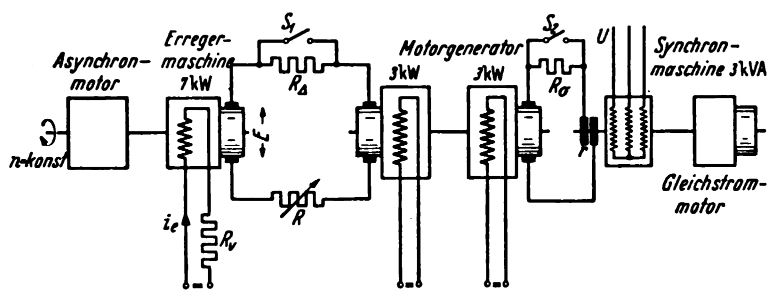


Abb. 3. Gesamtschaltbild des nachgebildeten Drehstromgenerators einschließlich Erregermaschine.

Die Gl. (13) zeigt auch die Möglichkeiten zur Veränderung der Zeitkonstante. Die Konstante C_1 enthält das Trägheitsmoment Θ der bewegten Massen des Motorgenerators. Eine Änderug von C_1 ist umständlich, man müßte Θ durch mechanische Kupplung weiterer Maschinen erhöhen. Durch Änderung der Widerstände R bzw. r läßt sich T_m mühelos in weiten Grenzen verändern. Die Konstanten C_2 und C_3 kennzeichnen die Erregung des Motorgenerators [vgl. Gl. (2) und (6)], durch Feldschwächung des Motorgenerators läßt sich T_m beträchtlich vergrößern.

Bei verschiedenem R (R_1 bzw. R_2) und konstanter, gleicher Erregung von Motor und Generator wird das Verhältnis der Zeitkonstanten

$$\lambda_R = \frac{T_{m_1}}{T_{m_2}}\Bigg|_{C_2 = C_3 = konst.} = \frac{R_1 (R_2 + r)}{R_2 (R_1 + r)}, \tag{19}$$

z. B.: $r = 132\,\Omega$, $R_1 = 2\,\Omega$, $R_2 = 50\,\Omega$, $\lambda_R = \frac{1}{18{,}4}$.

Für $T_{m_1} = 0{,}5$ s wird dann $T_{m_2} = 9{,}2$ s.

Bei gleichem R und verschieden großer Erregung (C^* bzw. C^{**}) wird das Zeitkonstantenverhältnis (Motor und Generator gleich erregt, $C_2 = C_3 = C$):

$$\lambda_F = \frac{T_m^*}{T_m^{**}}\Bigg|_{\substack{R = konst. \\ C_2 = C_3 = C}} = \frac{C^{**2}}{C^{*2}}. \tag{20}$$

Abb. 3 zeigt die Gesamtschaltung des nachgebildeten Drehstromgenerators einschließlich Erregermaschine.

Bei dem nachgebildeten Drehstromgenerator wird eine Laständerung durch Ändern der Widerstände R_Δ und R_σ vorgenommen. Wird etwa der Widerstand R_Δ durch Betätigen des Schalters S_1 kurzgeschlossen, so steigt die Spannung U nach einer Exponentialfunktion mit der eingestellten Zeitkonstante T_m. Das Kurzschließen des Widerstandes R_σ mittels des Schalters S_2 bewirkt ebenfalls eine Spannungssteigerung des Drehstromgenerators, die aber fast augenblicklich erfolgt. Die Hauptfeldzeitkonstante der kleinen Synchronmaschine kann in der Größenordnung von 0,05 bis 0,1 s gehalten werden. Die kleine Synchronmaschine muß ja leistungsmäßig nur so groß sein, daß die Leistung des Reglermeßwerkes aufgebracht wird. Die Hauptfeldzeitkonstante der kleinen Synchronmaschine wirkt in der Ersatzschaltung als Streufeldzeitkonstante des nachgebildeten Drehstromgenerators. Die gleichzeitige Betätigung der Schalter S_1 und S_2 täuscht also vollkommen eine Laständerung des nachgebildeten Drehstromgenerators vor. Die Größe der Laständerung kann mit den Widerständen R_Δ und R_σ leicht geändert werden.

Bei durchgeführten Regelversuchen[2]) bestand der Motorgenerator aus zwei gleichen Gleichstrommaschinen mit je 3,1 kW, 220 V. Das Trägheitsmoment wurde durch Auslaufversuche zu 0,092 mkg s² bestimmt. Der ohmsche Widerstand der Erregerwicklung der kleinen Synchronmaschine betrug $r = 132\,\Omega$. Mit dieser Anordnung ließen sich für T_m Werte von 0,5 bis etwa 10 s einstellen. Diese Werte entsprechen den Hauptfeldzeitkonstanten von Drehstromgeneratoren von etwa 50 kVA an aufwärts bis zu den größten Leistungen ausgeführter Maschinen (rd. 50 000 kVA).

Bei den Regelversuchen betrugen die größten Drehzahlschwankungen 10 %. Das gesamte Verlustmoment M_v ändert sich dabei um höchstens 3 %. Die Zeitkonstante des nachgebildeten Drehstromgenerators ist also im ganzen Regelbereich hinreichend unabhängig von der Belastung des Drehstromgenerators, was durch verschiedene experimentelle Aufnahmen des zeitlichen Verlaufes von U bei sprunghafter Änderung der Erregermaschinenspannung E bestätigt wurde. Dabei ist auf die Linearität des Systems zu achten, d. h. es muß innerhalb des Regelbereiches im geraden Teil der Kennlinie der kleinen Synchronmaschine gearbeitet werden.

Zusammenfassung.

Regelversuche mit selbsttätigen Spannungsreglern zur Beurteilung der Güte der Regler müssen an genügend großen Drehstromgeneratoren durchgeführt werden, wie sie im Laboratorium nicht zur Verfügung stehen. Mit Hilfe einer Ersatzschaltung gelingt es, beliebig große Maschinen hinsichtlich des Verhaltens der Spannung bei Laständerung richtig nachzubilden. Die Zeitkonstante des nachgebildeten Drehstromgenerators ist dabei hinreichend unabhängig von der Belastung und kann leicht geändert werden, so daß mit Hilfe der Ersatzschaltung Regelungen an verschieden großen Maschinen bei denselben Versuchsbedingungen untersucht werden können. Dadurch ist ein einwandfreier Vergleich von theoretisch ermittelten und experimentell aufgenommenen Regelkurven möglich.

[2]) A. Lang, Die Schnellregeleigenschaften des Tirrillreglers, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 680.

Digitized by Google

Ermittlung der Zugspannungen und Durchhänge von Luftkabel-Tragseilen.

Von V. Petroni VDE, Wien.

DK 621.315.242.056

Übersicht. Beim Auslegen von Luftkabeln, die an Tragseilen angehängt werden, ist die Zugspannung für den Ausgangszustand des unbelasteten Tragseiles bestimmt durch den höchstzulässigen Wert der Zugspannung des mit Kabel und Eislasten belasteten Seiles, wenn man nicht Gefahr laufen will, daß dieser zulässige Höchstwert überschritten wird. Im folgenden wird gezeigt, wie man bei Festlegung der höchstzulässigen Zugspannung des belasteten Seiles die für die Verlegung und Durchhangsermittlung erforderliche größte Zugspannung des vorerst mit dem Kabel noch nicht belasteten Seiles bestimmen kann. Als Eislast wird einmal die in den VDE-Vorschriften angegebene Normaleislast und dann die in der Ostmark bisher für Rauhreifgebiete festgesetzte Eislast angenommen. Ferner wird der Nachweis erbracht, daß die kritischen Spannweiten nur niedrige Werte ergeben, so daß der Ausgangszustand aller gebräuchlichen Spannweiten der Luftkabelbauweise für das eisbelastete Seil (bei —5 °C) eintritt.

Bei Fernmeldegestängen, die eine größere Anzahl von Leitungen führen müssen, verwendet man mitunter statt der blanken Drähte ein an einem Tragseil angehängtes Luftkabel mit einer ausreichenden Anzahl von Aderpaaren. Diese Bauweise wird namentlich dann angewendet, wenn einerseits wirtschaftliche Gründe die Verlegung eines Erdkabels noch nicht voll rechtfertigen, anderseits aber eine höhere Betriebssicherheit als bei blanken Freileitungen wünschenswert ist. Die Verlegung von Luftkabeln kommt daher vornehmlich für solche Gebiete in Betracht, wo dünne, blanke Leitungsdrähte in größerer Anzahl auf einem Gestänge eine besondere Störungsanfälligkeit aufweisen, also in Rauhreifgebieten und längs Verkehrswegen, die mit dichten Baumreihen bestanden sind.

Im alten Reichsgebiet werden neben Tragseil-Luftkabeln auch schon selbsttragende Luftkabel für Fernmeldelinien der Deutschen Reichspost erprobt. Die letztere Kabeltype ist zuerst auf Starkstromgestängen verlegt worden[1]).

Für die Ostmark ist die Bauweise mit Tragseil-Luftkabeln noch neu, weil sie erst mit der Heimkehr ins Reich eingeführt worden ist. Da die Ostmark nicht gerade arm an Rauhreifgebieten ist, soll auch auf das Verhalten dieser Bauweise gegenüber größeren Eislasten als der Normaleislast eingegangen werden.

Als Tragseile verwendet man zumeist Seile aus verzinkten Stahldrähten mit einer Mindestzugfestigkeit $\sigma_B = 80\,\text{kg/mm}^2$. Bei leichteren Kabeln kommt man mit 5 mm starken Stahldrähten aus. Den folgenden Berechnungen sind nachstehende Festwerte der Seile zugrunde gelegt: Eigengewicht $g_s = 0{,}008\,\text{kg/cm}^3$, Wärmedehnungszahl $\vartheta = 1{,}1 \cdot 10^{-5}$, elastische Dehnungszahl $\alpha = 1/E = 0{,}64 \cdot 10^{-6}$ [2]), E = Elastizitätsmodul in kg/mm². Die Festwerte des Eisendrahtes sind die gleichen wie für Stahl von 40 kg/mm² Bruchfestigkeit (St. I), die aus Tafel II der Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen VDE 0210/X. 38 zu entnehmen sind.

Als Tragseil-Luftkabel werden Kabel mit Bleimantel und ohne Bewehrung verwendet, wie solche auch in Betonkabelkanälen eingezogen werden. Querschnitt, Durchmesser und Gewichte der Seil- und einiger Kabeltypen sind aus Zahlentafel 1 ersichtlich. Die Kabel werden in besondere eiserne Ringe eingezogen, die am Tragseil hängen. Ein Längsgleiten dieser Tragringe am Seil ist infolge der Reibungswirkung verhindert, weil sich beim Aufbringen der Kabellast die Ringe derart einstellen, daß Flügelansätze an das Tragseil gepreßt werden.

Die Luftkabel werden zumeist auf normalen Fernmeldegestängen geführt, deren Spannweiten bis zu 50 m aufweisen. Bei diesen geringen Spannweiten ist aber die Eisreißlast für die in Zahlentafel 1 angegebenen Seiltypen recht hoch, wie schon aus den gleichfalls in der Tafel ersichtlichen Werten g'_B hervorgeht, welche die Bruchlasten in kg je m und mm² des tragenden Seilquerschnittes q bedeuten. Die Bruchlast g'_B bezieht sich auf den Ausgangszustand des Seiles mit Rauhreiflast bei —5 °C. Als Rauhreiflast hat bisher in der Ostmark eine kreisrunde Eiswalze von 13 mm Wandstärke um einen Leiter von beliebigem Durchmesser gegolten[3]). Die Eisreißlast Q'_B in kg/m des Tragseiles erhält man aus:

$$Q'_B = (g'_B - g_s - g_k)\, q\,, \qquad (1)$$

wenn g_s und g_k das Seil- bzw. Kabelgewicht bedeutet. Für das Seil Nr. III erhält man z. B. $Q'_B = 15{,}3\,\text{kg/m}$ bei einer Spannweite $a = 50\,\text{m}$. Der Wert Q'_B gibt hier selbstverständlich die Summe des Eisbehanges am Seil selbst und am Kabel an. Setzt man gleiches Dickenwachstum des Eismantels am Seil und Kabel vor-

[1]) Vgl. Siemens-Z. 10 (1930) Nr. 6; Schwachstrom Bau- u. Betriebstechnik 1935 Nr. 4, 5 u. 6; A. Weighardt, „Selbsttragende Luftkabel längs einer Hochspannungsleitung"; AEG-Mitt. (1937) S. 347 auszugsweise in Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 266.

[2]) Dieser Wert ist nach K. Winnig, „Die Freileitungslinien und ihre statische Berechnung" R. von Decker's Verlag, G. Schenk, Berlin für Luftkabeltragseile mit Rücksicht auf die Nachdehnung zu empfehlen. Aus $\alpha = 1/E = 0{,}64 \cdot 10^{-6}$ erhält man $E = 15625$.

[3]) V. Petroni, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 55 (1937) S. 357.

Zahlentafel 1. Gewicht und Eislasten von Tragseilen und Luftkabeln. Kritische Spannweiten von Luftkabel-Tragseilen.

Draht- oder Seiltype	Tragseil: Querschnitt Nennwert mm²	Tragseil: Querschnitt Istwert mm²	Tragseil: Durchmesser mm	Tragseil: Seilgewicht g_s kg/m mm²	Tragseil: g_{SE} kg/m mm²	Tragseil: g'_{SE} kg/m mm²	Tragseil: Bruchlast g'_B kg/m mm²	Luftkabel: Type	Luftkabel: Äußerer Durchmesser mm	Luftkabel: Kabelgewicht g_k kg/m mm²	Luftkabel: g_{KE} kg/m mm²	Luftkabel: g'_{KE} kg/m mm²	Kritische Spannweite: bei Normaleis a_{kr} m	Kritische Spannweite: bei Rauhreif a'_{kr} m
Flußeisendraht	—	19,64	5	0,0077	0,0162	0,0300	0,190	10 paarig 0,8 mm	14,9	0,0504	0,0354	0,0464	8,7	8,0
Seil Nr. III	35	34	7,5	0,008	0,0145	0,0197	0,517	30 paarig 0,8 mm	23,2	0,0588	0,0255	0,0363	23,6	19,0
Seil Nr. II	50	49	9,0	0,008	0,0110	0,0147	0,520	75 paarig 0,8 mm	35,0	0,0816	0,0217	0,320	23,5	19,0
Seil Nr. I	70	66	10,5	0,008	0,0084	0,0116	0,500	100 paarig 0,8 mm	40,4	0,0758	0,0173	0,0267	28,7	22,0

Digitized by Google

aus, so erhält man dessen Wandstärke mit je 96 mm. Daraus ergibt sich für das Tragseil eine Eislast von 6,7 kg/m und für das Kabel von 8,6 kg/m. Das Kabel würde diese Eislast, den rd. vierfachen Wert des Eigengewichtes, noch ertragen, selbst wenn man vom Kabelquerschnitt nur die Kupferadern als tragend annimmt. Zum Vergleich sei angeführt, daß man sich bisher bei Hochspannungsleitungen an Kreuzungsstellen mit staatlichen Fernmeldeleitungen in Rauhreifgebieten der Ostmark mit einer Eisreißlast von nur 5,5 kg/m begnügt hat, hingegen beträgt die rechnungsmäßige Eisreißlast eines 1,5 mm starken Bronzedrahtes für Fernmeldeleitungen nur rd. 0,7 kg/m. Die hohe Eisreißlast des Luftkabeltragseiles bei der Spannweite $a = 50$ m weist darauf hin, daß man bei Luftkabellinien ohne weiteres selbst in Rauhreifgebieten die Spannweiten bedeutend länger halten könnte, vorausgesetzt, daß auch Gestänge und Aufhängevorrichtungen von ausreichender Festigkeit sind.

Aus Zahlentafel 1 geht auch hervor, daß die Werte für die kritischen Spannweiten a_{kr} und a'_{kr} bei Normaleis- bzw. Rauhreiflast im Vergleich zu den praktisch vorkommenden Spannweiten sehr niedrig sind. Wenn man sich die Gleichung für die kritische Spannweite[4]):

$$a_{kr} = \sigma_{max} \sqrt{24 \cdot \vartheta \frac{t_a - t_{min}}{g_a^2 - g^2}} \tag{2}$$

vergegenwärtigt, so erkennt man, daß die niedrigen a_{kr}-Werte durch die hohen Ausgangslasten g_a bedingt sind. g_a = das um die Zusatzeislast vermehrte Eigengewicht g in kg/m mm². Wird g und g_a in g/m mm² ausgedrückt, so ist das Produkt unter der Wurzel mit 10^6 zu multiplizieren. t_a = die Temperatur beim Ausgangszustand in Celsiusgraden, t_{min} = die festgesetzte Mindesttemperatur; für Fernmeldeleitungen = — 25 °. Man erhält z. B. aus Formel (2) für das Seil III ohne Kabelgewicht g_k und ohne Zusatzeislast des Kabels g_{kE} bei gleichem $\sigma_{max} = \frac{\sigma_b}{3} = \frac{80}{3} \approx 27$ kg/mm² als Wert der kritischen Spannweite $a_{kr} = 27 \cdot 3{,}367 = 91$ m gegenüber $a_{kr} = 24$ m für das mit Luftkabel und seiner Zusatzlast belastete Tragseil. Bei den im Fernmeldelinienbau üblichen Spannweiten von 40 bis 50 m wird daher für Tragseile mit Luftkabel der Ausgangszustand[4]) immer für eine Temperatur von — 5° C und Eisbehang anzunehmen sein. Bei diesem Belastungszustand werden sich sodann die höchsten Zugspannungen im Tragseil einstellen. Nur für ausnahmsweise sehr kurze Spannweiten, die kleiner als die kritischen Spannweiten a_{kr} und a'_{kr} sind, werden sich die höchsten Zugspannungen für die Tiefsttemperatur (— 25° C) ohne Eislast ergeben.

Im folgenden sollen nur die Zustände für oberkritische Spannweiten, $a > a_{kr}$, d. s. solche, bei welchen der Ausgangszustand mit der zusätzlichen Eislast bei — 5° C gegeben ist, betrachtet werden.

Wenn man für diesen Zustand die höchste Zugspannung σ_{max}, die nicht größer als die höchstzulässige, σ_{zul}, sein soll, von vornherein für das mit dem Luftkabel und den Eislasten auf Seil und Kabel belastete Seil festsetzt, so bereitet es keine Schwierigkeiten für die übrigen Temperaturzustände, ohne Eislasten die Zugspannungen σ und die Seildurchhänge f zu bestimmen. Man braucht nur von der allgemeinen Zustandsgleichung[5]) auszugehen. Diese lautet in vereinfachter Schreibweise:

$$\frac{A_{III}}{\sigma^2} - \sigma = B\,t + C_{III} \tag{3 a}$$

für Normaleislast und:

$$\frac{A'_{III}}{\sigma^2} - \sigma = B\,t + C'_{III} \tag{3 b}$$

für die Rauhreiflast.

Es bedeutet: $B = \vartheta\,E = 1{,}1 \cdot 10^{-5} \cdot 15\,625 = 0{,}172$, welcher Wert für alle Zustandsgleichungen der drei Tragseiltypen der gleiche ist. Ferner ist:

$$A_{III} = A'_{III} = \frac{a^2 g^2 E}{24} \tag{4}$$

a = Spannweite in m, $g = g_s + g_k$ = Summe der Eigengewichte in kg/m/mm²

$$C_{III} = \frac{a^2 g_r^2 E}{24\,\sigma_{max}^2} + n\,B - \sigma_{max}\,. \tag{5}$$

In dem Ausdruck C'_{III} ist g_r mit einem Beistrich g'_r zu bezeichnen und $n = 5$ für den Ausgangszustand — 5° + Eislast zu setzen.

$$g_r = g + g_e\,, \qquad g'_r = g + g'_e$$

$$g_e = g_{SE} + g_{KE}\,, \qquad g'_e = g'_{SE} + g'_{KE}\,.$$

g_e und g'_e sind die Summen der Eislasten am Tragseil und am Kabel. Die Eislasten sind aus folgenden Gleichungen zu rechnen:

$$g_{SE} = \frac{0{,}18\sqrt{d_s}}{q}\,, \tag{6}$$

$$g_{KE} = \frac{0{,}18\sqrt{d_k}}{q}\,, \tag{7}$$

d_s = Nennwert des Seildurchmessers und d_k = äußerer Kabeldurchmesser, beide in mm. Die zusätzlichen Rauhreiflasten sind:

$$g'_{SE} = 6{,}2832\,\frac{(d_s + 26)^2 - d_s^2}{10^4 \cdot q}\,, \tag{8}$$

$$g'_{KE} = 6{,}2832\,\frac{(d_k + 26)^2 - d_k^2}{10^4 \cdot q}\,. \tag{9}$$

Die Eislasten der Gl. (6) bis (9) sind in kg/m mm² ausgedrückt. In der Zahlentafel 2 sind für das mit dem Luftkabel belastete Tragseil Nr. III und für eine Spannweite $a = 50$ m die Zugspannungen und Durchhänge für verschiedene Temperaturstufen angegeben.

Für das Tragseil, welches beim Auslegen vorerst noch nicht mit dem Luftkabel belastet ist, lautet die Zustandsgleichung:

$$\frac{A_{II}}{\sigma^2} - \sigma = B\,t - C_{II}\,. \tag{10}$$

Bei der der Rauhreiflast entsprechenden Gleichung erhält A_{II} und C_{II} wieder einen Beistrich.

$$A_{II} = A'_{II} = \frac{a^2 g^2 E}{24}\,, \tag{11}$$

$$C_{II} = \frac{a^2 g_1^2 E}{24\,\sigma_A^2} + n\,B - \sigma_A\,. \tag{12}$$

Im Ausdruck für C_{II} ist statt g_1 der Wert g'_1 zu setzen:

$$g_1 = g_s + g_{SE} \quad \text{und} \quad g'_1 = g_s + g'_{SE}\,.$$

σ_A bedeutet die Zugspannung, die für die Zustandsgleichung (10) der Maximalwert ist. Setzt man σ_A willkürlich ohne Rücksicht auf die höchstzulässige Zugspannung $\sigma_{max} = \sigma_{zul}$ des Tragseiles mit angehängtem Luftkabel fest, so kann es vorkommen, daß die Ausgangszugspannung für das belastete Seil überschritten wird, denn zwischen Gl. (10) und Gl. (3) besteht zunächst keinerlei Abhängigkeit.

Man kann aber mit Hilfe einer dritten Zustandsgleichung den Maximalwert σ_A in Gl. (10) so bestimmen, daß σ_{max} in Gl. (3) keinesfalls überschritten wird. Für die dritte Zustandsgleichung [Gl. (13)] setzt

[4]) V. Petroni, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 55 (1937) S. 245.
[5]) E. Nather u. V. Petroni, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 161.

Digitized by Google

Zahlentafel 2. Zugspannungen und Durchhänge des Tragseiles Nr. III mit und ohne Kabel für eine Spannweite $a = 50$ m.

Ausgangszustand		Normaleis bei — 5° C							Rauhreiflast bei — 5 ° C						
		Tragseil ohne Kabel							Tragseil ohne Kabel						
Luftwärme in Celsius-Graden .	° C	—25	—15	—5	+5	+15	+25	—5° und Eis	—25	—15	—5	+5	+15	+25	—5° und Eis
Zugspannung σ . .	kg/mm²	7,05	6,08	5,28	4,65	4,13	3,72	$\sigma_A = 9{,}91$	3,47	3,21	2,95	2,81	2,65	2,52	$\sigma_A = 8{,}55$
Durchhang f . . .	m	0,352	0,413	0,470	0,533	0,601	0,667	0,708	0,715	0,773	0,841	0,883	0,936	0,984	1,010
Durchhang φ der Spannweite . . .	%	0,7	0,83	0,9	1,7	1,2	1,33	1,42	1,41	1,55	1,68	1,77	1,87	1,97	2,02
		Tragseil mit angehängtem Kabel							Tragseil mit angehängtem Kabel						
Zugspannung σ . .	kg/mm²	21,55	20,88	20,25	19,90	19,13	18,60	$\sigma_{max} = 27$	18,66	18,18	17,71	17,27	16,85	16,47	$\sigma_{max} = 27$
Durchhang f . . .	m	0,968	0,999	1,030	1,049	1,081	1,122	1,236	1,188	1,148	1,178	1,208	1,238	1,267	1,420
Durchhang φ der Spannweite . .	%	1,94	2,0	2,06	2,10	2,16	2,24	2,47	2,24	2,30	2,36	2,42	2,48	2,53	2,84

man dann $g_s + g_{SE} = g_1$ bzw. $g_s + g'_{SE} = g'_1$ als Eigengewichte, welche Lasten in Gl. (10) als resultierende Gewichte aus Seilgewichte und zusätzlicher Eislast aufscheinen.

Hingegen sind $g_k + g_{KE}$ bzw. $g_K + g'_{KE}$ die zusätzlichen Lasten für die Gl. (13); als Spannung des Ausgangszustandes wird hier wiederum σ_{max} angenommen. Gl. (13) lautet also:

$$\frac{A_I}{\sigma^2} - \sigma = B\,t + C_I. \tag{13}$$

Bei Rauhreiflast ist statt A_I der Wert A'_I und statt C_I der Wert C'_I zu setzen.

$$A_I = \frac{a^2 g_1^2 E}{24}, \tag{14a}$$

$$A'_I = \frac{a^2 g_1'^2 E}{24}, \tag{14b}$$

$$C_I = \frac{a^2 g_r^2 E}{24\,\sigma_{max}^2} + n\,B - \sigma_{max}, \tag{15a}$$

$$C'_I = \frac{a^2 g_r'^2 E}{24\,\sigma_{max}^2} + n\,B - \sigma_{max}. \tag{15b}$$

g_r bzw. g'_r in Gl. (13) muß derselbe Wert wie im Gl. (3) sein, denn es ist in Gl. (3):

$$g_r = (g_s + g_k) + (g_{SE} + g_{KE}) = g + g_E$$

und in Gl. (13):

$$g_r = (g_s + g_{SE}) + (g_K + g_{KE}) = g_1 + (g_k + g_{KE}).$$

Aus Gl. (13) rechnet man die Zugspannung für die Temperatur —5° C ohne Zusatzlast $(g_k + g_{KE})$. Die so ermittelte Zugspannung ist als Ausgangsspannung in Gl. (10) für den Zustand —5° C bei der Eislast g_{SE} oder g'_{SE} des Seiles einzusetzen.

Auf diese Weise wurde, wie aus Zahlentafel 2 ersichtlich ist, für $a = 50$ m und für Seil Nr. III $\sigma_A = 9{,}91$ kg/mm² bei Normaleis und $\sigma'_A = 8{,}55$ kg/mm² bei Rauhreiflast berechnet. Nach Festsetzung des σ_A der Gl. (10) zu $\sigma_{-5°C}$ ohne Zusatzlast der Gl. (13) lassen sich nun für das noch vom Kabelgewicht freie Seil nach Gl. (10) wieder für alle übrigen Temperaturstufen die Zugspannungen und Durchhänge ohne weiteres bestimmen.

Dieser Art ist man in der Lage, das Seil bei einer beliebigen Temperatur und bei Kenntnis der für diese Temperatur gültigen Zugspannung und des Durchhanges auszulegen und bei einer anderen beliebigen Temperatur das Kabel anzuhängen, wobei man die Gewähr hat, daß für den kritischen Ausgangszustand bei vollbelastetem Tragseil die höchstzulässige Zugspannung nicht überschritten wird.

Aus Zahlentafel 2 ist schließlich zu ersehen, daß die Durchhänge des unbelasteten Tragseiles bei Rauhreiflast im Durchschnitt um 0,33 m größer sind als die des unbelasteten Seiles bei Normaleis; für das Seil mit angehängtem Kabel sind jedoch die Durchhänge bei Rauhreiflast durchschnittlich nur 0,16 m größer als bei Normaleis.

Wenn man für die drei Fälle, Gl. (3), (10) u. (13), die als Eigen- und Eisgewicht festgesetzten Lasten richtig auseinanderhält, kann man die Zugspannungen und Durchhänge für das unbelastete und belastete Tragseil auch bequem aus Kurventafeln z. B. von Singer[6]), Truxa[7]) oder Besser[8]) bestimmen.

Zusammenfassung.

Festzuhalten ist, daß die Zustandsgleichung für das unbelastete Tragseil insofern in keinem Zusammenhang mit der Zustandsgleichung für das mit dem Luftkabel beschwerte Seil steht, als man in jeder Gleichung für sich die Spannung für den Ausgangszustand von vornherein festsetzen kann. Erst mit Hilfe einer dritten Gleichung läßt sich die Ausgangsspannung des unbelasteten Tragseiles so bestimmen, daß die Ausgangsspannung des Seiles mit angehängtem Kabel, die zugleich die höchstzulässige Zugspannung ist, nicht überschritten wird. Der Ausgangszustand ist bei Luftkabeltragseilen immer mit —5° C und der zusätzlichen Eislast gegeben. Die Luftkabeltragseile weisen eine ausreichende Festigkeit auch für die Aufnahme größerer Eislasten als der Normaleislast gemäß den VDE-Vorschriften auf. Die Meter-Eisbruchlast für ein Spannfeld von 50 m ist so bedeutend, daß den Luftkabel-Tragseilen viel größere Spannweiten zugemutet werden können.

6) I. Singer, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 38 (1920) S. 525.
7) L. Truxa, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 41 (1923) S. 493.
8) F. Besser, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 681 u. ETZ 59 (1938) S. 751.

Digitized by Google

Normen für Schaltgeräte.

VDE-Ausschuß für Schalt- und Steuergeräte und VDE-Ausschuß für Hochspannungs-Schaltgeräte.

Erläuterungen zu DIN VDE 3605 „Kennzeichnung von Druckknopf-Tastern und -Schaltern".

1. Begriffserklärung.

Unter Druckknopf-Tastern werden druckknopfbetätigte Geräte verstanden, bei denen der Druckknopf mit seinem Kontakt nach Loslassen des Knopfes selbsttätig in die Aus-

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

DK 621.316.542.3 **August 1939**

Schaltgeräte

Kennzeichnung von Druckknopf-Tastern und -Schaltern

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 3605

Einspruchsfrist: 15. Oktober 1939

Diese Norm gilt auch für Hauptstrom-Druckknopfschalter.

1. Kennzeichnung der Druckknöpfe

Betätigung	Zeichen auf oder neben der Taste in beliebiger Lage
Einschalten	I oder |
Ausschalten	0 (Null) oder ○ (Kreis)

Die Zeichen können ersetzt oder ergänzt werden durch Worte, z. B. „Ein", „Aus"; „Auf", „Ab"; „Heben", „Senken" und „Halt". Bei Geräten mit 4 und mehr Druckknöpfen (z. B. bei Wendebetrieb für polumschaltbare Motoren) sind die Wortzusätze die Regel.

2. Farbe der Druckknöpfe

Eine farbige Kennzeichnung der Druckknöpfe wird nicht vorgeschrieben; wird sie jedoch vorgenommen, so ist der Ausschalt-Druckknopf rot zu kennzeichnen.

3. Lage der Druckknöpfe

	Anordnung der Schalter nebeneinander	Anordnung der Schalter untereinander
Zweifach-druckknöpfe	Ausschaltknopf links	Ausschaltknopf unten
Dreifach-druckknöpfe für Wendebetrieb	Ausschaltknopf zwischen den Richtungsknöpfen	Ausschaltknopf zwischen den Richtungsknöpfen

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

DK 621.316.5 **August 1939**

Schaltgeräte

Kennzeichnung der Anzeigeschilder für die Schaltstellungen

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 3606

Einspruchsfrist: 15. Oktober 1939

Schaltzustand	Kennzeichnung Farbe	Kennzeichnung Zeichen[1])
Ein	rot	| oder I
Aus	grün	○ (Kreis) oder 0 (Null)

[1]) Die Anzeigeschilder brauchen nicht beschriftet zu sein. Die Zeichen können durch Worte ersetzt oder ergänzt werden, z. B. „Ein", „Aus".

Farbe der Schrift: weiß.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

gangsstellung zurückgeht, während bei den Druckknopf-Schaltern die Einschaltstellung so lange bestehen bleibt, bis durch eine zweite Schaltbewegung das Ausschalten herbeigeführt wird.

2. Lage der Zeichen | bzw. I und ○ bzw. 0.

Die Zeichen | oder I für den Einschaltknopf und ○ (Kreis) oder 0 (Null) für den Ausschaltknopf haben sich bereits so weit eingebürgert, daß sie wahlweise zugelassen worden sind. Die Schriftzeichen I und 0 werden gewöhnlich bei übereinander angeordneten Knöpfen neben diese gesetzt. Um das gleiche Gerät aber auch bei Drehung um 90°, d. h. bei waagerechter Lage der Druckknöpfe, verwenden zu können, ist auch die sich damit ergebende liegende Anordnung der Zeichen I und 0 zugelassen worden.

Vorzuziehen und daher im Normblatt gezeichnet ist jedoch die Kennzeichnung mit | und ○. Auch auf drehbaren Knöpfen bietet der Kreis gegenüber der Null Vorteile, da er in allen Lagen gleichbleibt.

3. Farbe der Druckknöpfe.

Hierzu ist grundsätzlich zu sagen, daß ebensoviele stichhaltige Gründe für die rote als auch für die grüne Farbe zur Kennzeichnung einzelner Knöpfe vorgebracht werden können, und es schließlich nur auf eine Einigung auf eine der beiden Farben ankommt.

International ist bereits die Farbe „rot" für die Kennzeichnung des Einschaltzustandes, z. B. für das Quittungssignal (Lampe, Anzeiger usw.) (s. a. VDE 0670/1937, § 34, Tafel IV), festgelegt. Andererseits hat die Kennzeichnung eines Knopfes, durch dessen Betätigung eine Gefahr beseitigt oder angezeigt wird, durch auffallende rote Farbe sich so weitgehend eingebürgert, daß nunmehr, falls eine Farbgebung vorgenommen wird, für diese Knöpfe die Farbe „rot" gefordert wird. Eine Kennzeichnung der übrigen Knöpfe durch Farben soll dagegen möglichst vermieden werden; diese werden zweckmäßigerweise in der Naturfarbe ihres Werkstoffes bzw. gleich oder ähnlich der Farbe des Gehäuses gehalten.

Im allgemeinen ist der Gefahrenknopf zugleich ein Ausschaltknopf; es kann ausnahmsweise aber auch ein Einschaltknopf sein, der z. B. eine Motorsirene in Betrieb setzt.

Da es kaum möglich ist, alle diese sich widersprechenden Bedingungen zu erfüllen und andererseits nach Festsetzung von Bezeichnungen die farbige Kennzeichnung überhaupt nicht mehr dringend erforderlich erscheint, ist sie nicht vorgeschrieben worden. Wird sie aber vorgenommen, so ist der Ausschaltdruckknopf „rot" zu kennzeichnen.

Digitized by Google

4. Lage der Druckknöpfe (vgl. VDE 0670/1937, § 34, Tafel III).

Der Ausschaltknopf soll bei Zwei- und Vielfach-Druckknopftafeln einheitlich unten oder links liegen, woraus sich bei übereinanderliegenden Knöpfen die Lage der Zeichen zwangsläufig ergibt, weil die Betätigung vorzugsweise mit der rechten Hand erfolgt; hierbei ist nicht nur an die Werkzeugmaschinen zu denken, bei welchen auch Betätigung mit der linken Hand vorkommt. Daher liegen die Zeichen nach Drehung der senkrechten Anordnung in die waagerechte Lage (also im Uhrzeigersinn) über den Knöpfen, sofern sie nicht unmittelbar auf den Knöpfen selbst angebracht sind. Auf drehbaren Knöpfen können die Zeichen eine beliebige Lage haben (siehe unter 2).

Im Gegensatz zu der Forderung, den „Aus"-Knopf unten oder links anzuordnen, ist bei den Dreifach-Knöpfen (für Wendebetrieb) der Gewohnheit entsprechend die mehr sinnfällige Anordnung — „Aus"-Knopf in der Mitte — beibehalten worden.

5. Ausnahmen.

Für Schaltgeräte, bei denen Betätigungsknöpfe organisch mit dem Mechanismus zusammengebaut sind, gilt vorstehende Regelung nicht. W. Höpp VDE.

Normen für Leitungsösen.

VDE-Ausschuß für Bahnwesen.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

DK 621.315. 684 (083.133) August 1939

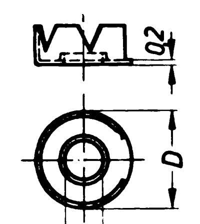
Leitungsösen

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 6218

Maße in mm

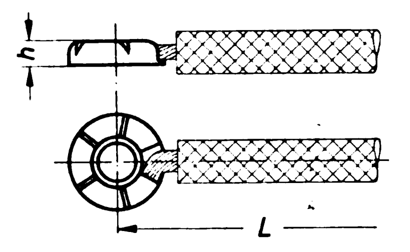
Einspruchsfrist: 15. Oktober 1939



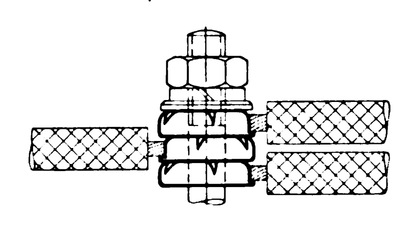
Bezeichnung einer Leitungsöse für Leiterquerschnitt 1,5 mm², von Lochdurchmesser d = 5,3 mm: Leitungsöse 1,5 × 5,3 VDE 6218

1	2	3	4	5	6	7	8
Leiterquerschnitt mm²	Lochdurchmesser d	für Bolzendurchmesser	D	h ≈	Kupferleiter bei gummiisolierten Leitungen Durchmesser	Kupferseildurchmesser n. DIN VDE 6438	Erforderlicher Zuschlag je Öse zur Länge L
1,5	4,2	4	9	2	1,6	2	20
	5,3	5	10,3				
	6,6	6	11,5				
2,5	4,2	4	10,5	2,5	2,1	2,5	22
	5,3	5	11,5				
	6,6	6	12,5				
	8,5	8	14				
4	5,3	5	12,5	3	2,6	3,6	25
	6,6	6	14				
	8,5	8	15,5				
6	5,3	5	14	3,5	3,2	4,2	28
	6,6	6	15,5				
	8,5	8	17,5				
10	8,5	8	20	5	4,6	5,5	30

Fehlende Maße sind freie Maße.
Werkstoff: Ms 63



Anwendungsbeispiel



Zur Herstellung eines Leitungsanschlusses ist der Leiter zu verdrillen und mit Rundzange zu einer Öse vorzubiegen. Zum Umbördeln ist der der Leitungsöse zugeordnete Einsatz der Ösenzange zu verwenden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 621.86/.87

Elektrische Ausrüstungen für Hebezeuge. [Nach einem Vortrag[1]) von Johann Gewecke, gehalten am 27. 2. 1939.]

In den Anforderungen, die von den Hebezeugbenutzern und insbesondere von den Hebezeugfirmen ausgingen, hat sich im Laufe der Jahre ein bemerkenswerter Wandel vollzogen. In der ersten Stufe der Entwicklung regelte man den Motor nur zum Heben von Lasten, während das Senken durchziehender Lasten stromlos mit Hilfe einer mechanischen Regelbremse erfolgte. Solche Anlagen gibt es auch heute noch vereinzelt. Zum Senken leichter Lasten mußte man den Haken entweder so schwer machen, daß er die Winde bei gelöster Bremse durchzog, oder man ordnete später besondere Kraftstellungen für das Senken nichtdurchziehender Lasten und wieder andere zum Senken durchziehender Lasten an. Zwischen beiden ergaben sich dann Freifallstellungen, die zur Vermeidung von Gefahren schnell überschaltet werden mußten. Ferner mußte der Kranführer aufpassen, daß er bei durchziehenden Lasten nicht die Senkkraftstellungen benutzte, die bei Gleichstromreihenschlußmotoren zu unzulässigen Geschwindigkeiten führten.

Die Entwicklungslinien neuzeitlicher Kranschaltungen lassen sich gegenüber dem früheren Zustand in die Sätze zusammenfassen: Möglichst weit herunter elektrisch bremsen, keine Freifallstellungen, keine zusätzlichen Geräte für die Geschwindigkeitsbegrenzung, keine besonderen Stellungen, die nur bei bestimmten Lastgewichten benutzt werden dürfen, denkbar leicht bedienbare Steuergeräte und Schaltungen, die möglichst keine falschen Lastbewegungen zulassen.

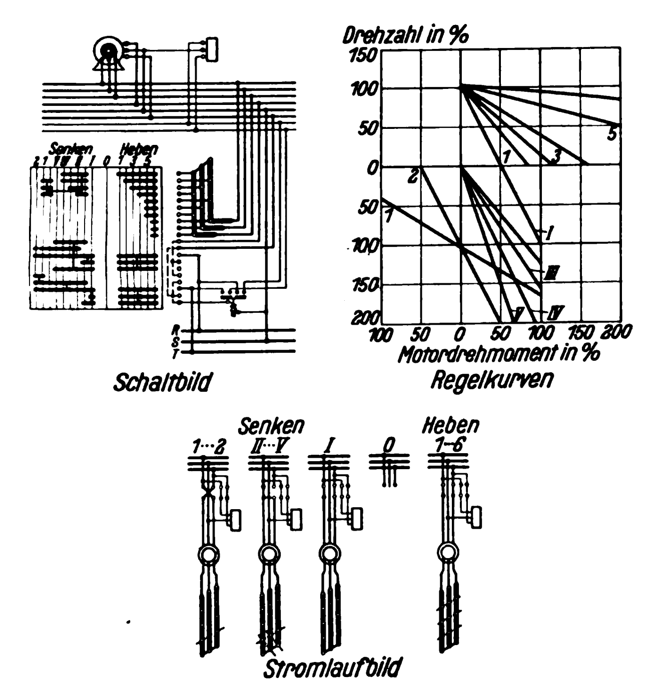


Abb. 1. Untersynchrone Drehstrom-Sicherheitssenkbremsschaltung.

Die jetzigen Hebezeugschaltungen sind im Grunde genommen Kombinationen zwischen Kraft- und Bremsschaltungen. So enthält z. B. eine sehr häufig verwendete Senkbremsschaltung, Abb. 1, abgesehen von der Kraftschaltung beim Heben und Senken eine Gegenstromsenkbremsstellung, einige untersynchrone Bremsstellungen und 2 Senkkraftschaltungen, wogegen bei der oft benutzten Gleichstromsenkbremsschaltung (Abb. 2) auch beim Heben außer den Kraftschaltungen noch 2 Bremsstellungen mit Ankerparallelwiderstand vorhanden sind. Beim Senken folgen aufeinander 2 Regelkurven mit Fremderregung des Motorfeldes und Ankerparallelwiderstand, 3 Generatorbremsstellungen ohne Netzanschluß und schließlich 3 Stellungen, bei denen der Motor als Nebenschlußmotor geschaltet ist.

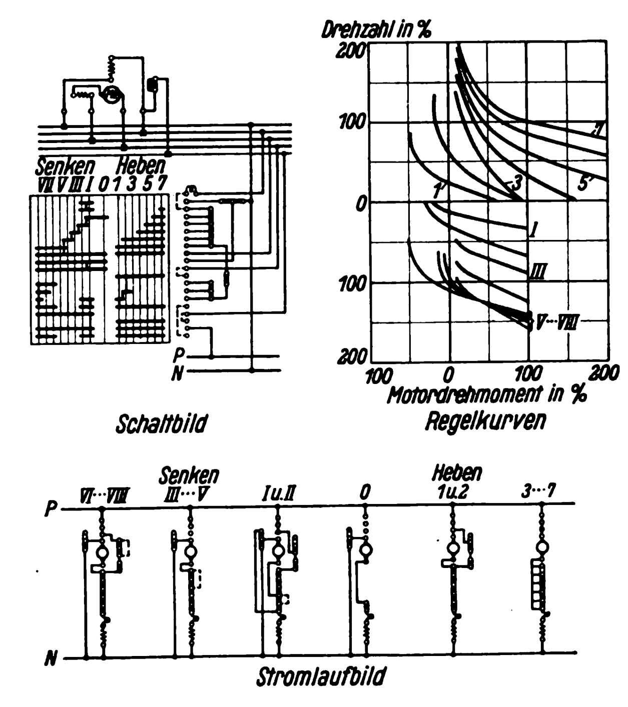


Abb. 2. Gleichstrom-Sicherheitssenkbremsschaltung.

Für Hebezeugtriebwerke wird in steigendem Maße die „elektrische Welle" in 2 Ausführungsformen verwendet, wobei aber stets besondere Ausgleichmaschinen angeordnet werden, die gegen ihr Drehfeld betrieben werden. Bei der einen Lösung werden sowohl die Ausgleichmaschinen als auch die eigentlichen Antriebsmaschinen in Gleichlauf geschaltet (gemeinsame Läuferverbindungen), während bei der anderen nur die Ausgleichmaschinen in Gleichlaufschaltung betrieben werden.

Bei der Erörterung der Einzelteile einer elektrischen Hebezeugausrüstung ergab sich, daß der oberflächengekühlte Motor der gegebene Motor für Aussetzbetrieb ist, der in neuerer Zeit immer häufiger mit hitzebeständiger Isolation ausgeführt wird. Motor und Winde werden jetzt immer mehr organisch zusammengebaut. Dies führt ferner zu einem Zusammenbau von Motor und Bremse. 2 Bauformen, Verschiebeanker und Verschiebebremse, haben sich herausgebildet. Ersterer wird entweder bei Drehstrom häufig als konischer Anker oder als zylindrischer Anker mit besonderer Verschiebespule ausgeführt, wogegen bei der Verschiebebremse der Anker nicht verschoben wird, sondern nur die feststehende Gegenbremsscheibe. Abb. 3 zeigt solche Motoren mit eingebauter elektromagnetischer oder handbetätigter Bremse, die sich bewährt haben. Bei den sogenannten Elektrotrommeln führt sich eine Lösung mit eingebautem Motor mit ölfester Isolation immer mehr ein.

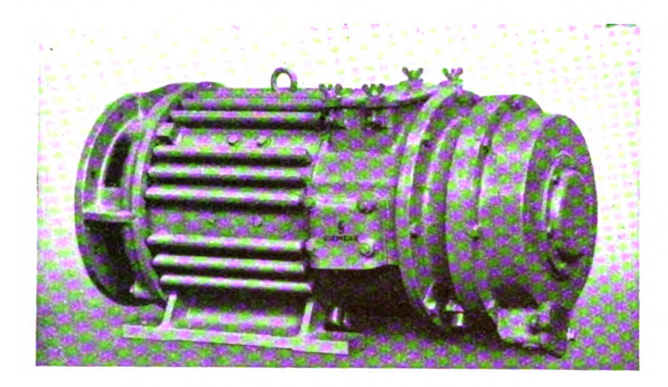
Während früher Steuerwalzen bevorzugt werden, geht der neuzeitliche Zug immer mehr in Richtung auf Steuerschalter bzw. Schützensteuerungen, namentlich seitdem es gelungen ist, die Schützen leichter, billiger und betriebssicherer als früher zu bauen.

Die Auswahl der Kontaktwerkstoffe bei Steuerwalzen ist zur Zeit noch ein umstrittenes Kapitel. Eisen, Kupfer, Kohle und Edelmetalle kommen nebeneinander vor. Es scheint so, als ob Eisenkontakte in bestimmten Kombinationen sogar den bisherigen Kupfer-Messingkontakten hinsichtlich des Ab-

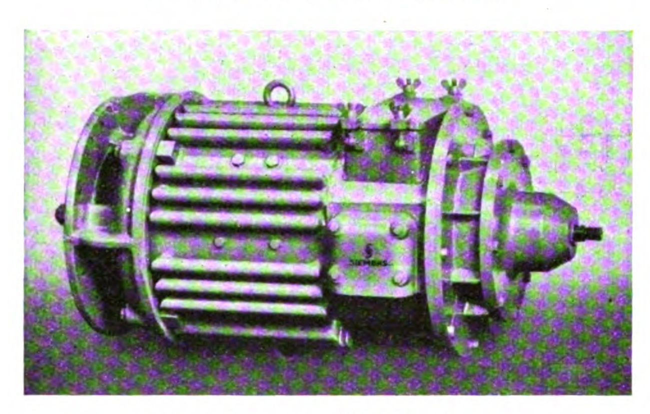
[1]) Aus einer Vortragsreihe „Der elektrische Antrieb in Industriebetrieben", veranstaltet vom VDI-Berlin zusammen mit dem Außeninstitut der T. H. Berlin unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. F. Oertel VDE.

Digitized by Google

brandes überlegen sind. Für geräuschschwache Drehstromaufzugschützen haben sich Spezialkohlekontakte bewährt, namentlich wenn die Schützen mit Gleichstrom erregt werden. Neuerdings werden Trockengleichrichter und Transformator gleich zusammengebaut geliefert. Auf dem Gebiet der übrigen Einzelteile, wie Widerstandsgeräte, Endschalter, Bremslüfter und Motorschutzschalter, sind ebenfalls bemerkenswerte Neuerungen entstanden, von denen besonders das „Eldro"-Bremslüftgerät zu erwähnen ist.



Motor mit elektromagnetisch betätigter Bremse.



Motor mit mechanisch betätigter Bremse.

Abb. 3. Gleichstromhebezeugmotoren mit eingebauter Bremse.

Bei Baggern und anderen Erdbewegungsmaschinen werden in steigendem Maße biegsame Leitungen und Baggerschleppkabel bis 15 kV angewendet. Die gefürchteten Ozonrisse in der Gummiisolation vermeidet man durch Ausführung der äußersten Gummischichten als Halbleiter.

Auf dem Hebezeuggebiet sind Gleichrichtersteuerungen hauptsächlich aus Preisgründen noch nicht ausgeführt worden, dagegen hat man Photozellen- und Elektronenröhrensteuerungen für das genaue Anhalten der Tröge von Schiffshebewerken mit bestem Erfolg angewendet. Außer den Hebewerken Niederfinow[1]) und Rothensee[2]) erhält auch das im Bau befindliche Doppelhebewerk Hohenwarthe derartige Einrichtungen.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.332 : 621.318.7.029.5/.6

Parallel-Resonanz-Verfahren zur Messung von hohen Scheinwiderständen bei Rundfunkfrequenzen und ein Vergleich mit den üblichen Reihen-Resonanz-Verfahren. [Nach D. B. Sinclair, Proc. Instn. Radio Engrs. N. Y. 26 (1938) S. 1466; 32 S., 14 Abb.]

Mit den beschriebenen Parallel-Resonanz-Meßverfahren läßt sich der Wirkleitwert eines abgestimmten Parallelkreises messen. Die elektrische Größe eines Stückes dieses Kreises, z. B. der Spule, kann aus dem Meßergebnis nur ermittelt werden, wenn die Eigenschaften des übrigen Kreises genau bekannt sind. Diese Schwierigkeit läßt sich umgehen, wenn man Vergleichsmessungen durchführt, wobei der Wirkwiderstand bzw. Leitwert des abgestimmten Kreises einmal ohne und einmal unter Hinzuschaltung des zu messenden Stückes festgestellt wird. Die Anordnung läuft hinaus auf die Messung der Hochfrequenzspannung an einem Parallelabstimmkreis bei verschiedener Größe eines bekannten Blind- oder Wirkleitwertes in diesem Kreis. Die Verfahren werden demgemäß bezeichnet als das Verfahren mit Blindleitwert- (susceptance variation) oder Wirkleitwertänderung (conductance variation). Sie bilden das Gegenstück zu den Anordnungen mit Blindwiderstands- (reactance) und Wirkwiderstandsänderung (resistance) bei den üblichen Reihen-Resonanz-Verfahren.

Für den Fall eines Parallelkreises aus einer Spule mit Verlusten und einem veränderlichen verlustfreien bekannten Kondensator ergibt sich nach dem Verfahren des veränderlichen Blindleitwertes der Wirkleitwert des Kreises zu

$$G_p = \frac{\omega\,(C - C_r)}{\sqrt{\left(\frac{U_r}{U}\right)^2 - 1}},$$

worin C_r und U_r Kapazität und Spannung am Kreis bei Abstimmung und C und U Werte bei einer anderen beliebigen Einstellung des Kondensators sind. Es wird dabei ferner angenommen, daß der Einfluß des angelegten Spannungsmessers vernachlässigt werden kann und daß die Kopplung zur Stromquelle so lose ist, daß diese nicht beeinflußt wird.

Bedient man sich zur Messung eines bekannten Wirkleitwertes G und mißt die Spannung am abgestimmten Kreis einmal ohne (U_{r_1}) und einmal mit angeschaltetem G (U_{r_2}), so erhält man unter den gleichen vereinfachten Annahmen wie vorher den gesuchten Wirkleitwert zu:

$$G_p = \frac{G}{\frac{U_{r_1}}{U_{r_2}} - 1}.$$

Eine Gegenüberstellung mit dem Reihen-Resonanz-Verfahren läßt den gleichmäßigen Aufbau der Formeln in beiden Verfahren erkennen:

Verfahren mit Änderung des Blindwiderstandes:

$$R_s = \frac{1}{\omega}\,\frac{S_r - S}{\sqrt{\left(\frac{I_r}{I}\right)^2 - 1}},$$

Verfahren mit Änderung des Wirkwiderstandes:

$$R_s = \frac{R}{\frac{I_{r_1}}{I_{r_2}} - 1}.$$

In längeren Ausführungen werden dann die Fehlermöglichkeiten untersucht, die sich ergeben, wenn die bei der Ableitung der Formeln angenommenen Vereinfachungen nicht zutreffen, es werden die genauen Ersatzschaltbilder der Meßanordnung für diesen Fall entwickelt. Die Rückwirkung des abgestimmten Kreises auf die Stromquelle bei nicht genügend loser Kopplung kann die Meßspannung in Größe und Frequenz beeinflussen. Die Änderung der Frequenz kann durch Einfügen einer Verstärkerstufe zwischen Stromquelle und Meßkreis vernachlässigbar klein gemacht werden. Die Amplitudenänderung hat für die Messung einzelner Teile eines Abstimmkreises, z. B. einer Spule, keine Bedeutung, da sie in die Vergleichsmessung eingeht. Zu Meßfehlern kann vor allem der unvollkommene Kondensator mit ohmschen und induktiven Verlusten führen. Für die Praxis kommen hauptsächlich die Verfahren mit Blindleitwertänderung nach dem Parallel-Resonanz-Verfahren und mit Blindwiderstandsänderung nach dem Reihen-Resonanz-Verfahren in Betracht, da es schwierig ist, für die Verfahren mit Änderung des Wirkleitwertes oder Widerstandes zuverlässige hohe Vergleichswiderstände herzustellen. Das Verfahren mit Blindleitwertänderung ist besonders geeignet für die Messung kleiner Wirkleitwerte und das Verfahren mit Blindwiderstandsänderung für die Messung kleiner Wirkwiderstände.

Den Schluß der Abhandlungen bilden Ausführungen über die Durchführung von Messungen und über dabei erzielte Meßergebnisse. Ein umfangreiches Schrifttumverzeichnis ist dem Aufsatz beigefügt. *Mbs.*

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl.

[1]) ETZ 55 (1934) S. 1265.
[2]) ETZ 56 (1935) S. 740.

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 891. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

Digitized by Google

S. 905) ist die folgende Elektrizitätszählerform zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reich zugelassen und ihr das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden:

System 201, die Form A S, Magnetmotorzähler für Gleichstrom, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 3. April 1939.

DK 621.314.224.3

Bekanntmachung[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905), wird dem System 29 folgende Stromwandlerform als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System 29, die Form ATQ 42 a S, Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Siemens & Halske Aktiengesellschaft in Berlin-Siemensstadt.

Berlin-Charlottenburg, den 5. Mai 1939.

DK 621.314.2.08 + 621.317.785

Bekanntmachung[2])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905), werden die Bestimmungen über die Beglaubigung von Elektrizitätszählern in Verbindung mit Meßwandlern (Ziffer 45 der von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt herausgegebenen „Prüfordnung für elektrische Meßgeräte vom 1. Januar 1933") wie folgt geändert:

45. Beglaubigung von Meßsätzen, bestehend aus Elektrizitätszählern und Meßwandlern.

I. Einzelbeglaubigung der Zähler und der Wandler eines Meßsatzes.

Ein Meßsatz aus Zählern und Meßwandlern gilt als beglaubigt, wenn die Meßwandler für sich beglaubigt (s. Ziffer 46 bis 49) und die Zähler als Meßwandlerzähler für sich (s. Ziffer 42, 42 A, 44, 44 A) beglaubigt sind und bei dem Anschluß der Apparate folgende Bedingungen erfüllt werden:

Die Gesamtbürde der angeschlossenen Zähler und Nebenapparate, einschließlich der sekundären Verbindungsleitungen darf bei einem Stromwandler — unabhängig vom Leistungsfaktor der Bürde — nicht mehr als $^2/_3$ seiner Nennbürde betragen.

Die Gesamtleistung der angeschlossenen Zähler und Nebenapparate, bezogen auf die Nennspannung, darf bei einem Spannungswandler — unabhängig vom Leistungsfaktor im Sekundärkreis des Wandlers — nicht mehr als $^2/_3$ seiner Nennleistung betragen; die Verbindungsleitungen zwischen den Spannungswandlern und den angeschlossenen Zählern müssen so bemessen sein, daß die Spannung zwischen den Spannungsklemmen der Zähler um nicht mehr als 0,05 vom Hundert von der Spannung zwischen den zugehörigen Sekundärklemmen der Spannungswandler abweicht.

II. Beglaubigung eines Meßsatzes als Ganzes.

Für Meßsätze, bei denen die Zähler und die dazugehörigen Meßwandler als Ganzes beglaubigt werden, gelten dieselben Bestimmungen wie unter den Ziffern 41, 41A, 43, 43A. Dabei kann gemäß Ziffer 31 der Meßsatz entweder in der betriebsmäßigen Zusammenschaltung der Zähler, Wandler und Nebenapparate untersucht werden oder so, daß die Fehler der Zähler für sich und die Fehler der Wandler — bei der Betriebsbürde — für sich ermittelt und hieraus die Gesamtfehler des Meßsatzes errechnet werden. Im Falle des letzteren Prüfverfahrens gilt auch hier die unter I angegebene Bestimmung bezüglich der Bemessung der Verbindungsleitungen.

Die Beglaubigung des Meßsatzes hat zur Voraussetzung, daß das System der Meßwandler und das der Zähler von der Reichsanstalt zur Beglaubigung zugelassen ist.

Berlin-Charlottenburg, den 8. Mai 1939.

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1186. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

[2]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1248. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

DK 621.314.222.3

Bekanntmachung[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905), sind die folgenden Spannungswandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden:

System 46, die Formen VTO 42 SP, VTO 64 SP, VTO 86 SP, VTM 42 SP, VTM 64 SP und VTM 86 SP, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Siemens & Halske Aktiengesellschaft in Berlin-Siemensstadt.

Berlin-Charlottenburg, den 24. Mai 1939.

DK 621.317.785

Bekanntmachung[2])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905), sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reich zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden:

System 202, die Formen EM5, EM5R, EM5K, EM5f, EM5S, EM5SP, EM5SPv und EM5SPz, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 1. Juni 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

In Vertretung:

Möller."

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.75.004.64

Strahlspaltungen eines Leitstrahlfunkfeuers für Flugfunknavigation und ihre Ursachen. [Nach S. Yonezawa und K. Hiraoka, Nippon Electr. Commun. Engng. (1938) S. 467; 15 S., 17 Abb.]

In Kagoshima (Südjapan) wurde im Jahre 1936, besonders für den Dienst Formosa-Nippon, ein Mittelwellen-Leitstrahlsender für Streckennavigation (radio range beacon) mit Adcock-Antennen von 1 kW Leistung errichtet. Es zeigen sich sowohl über Land als auch über See Störungen in der Aufnahme der A-N-Kennung im Flugzeug (Leitstrahlwanderungen bzw. -spaltungen) auf den verschiedenen eingestellten Richtungen, die in ausgedehnten Flügen untersucht wurden, wobei sich ergab, daß das Auftreten mehrerer Leitstrahle (Strahlspaltung) auf Reflexion und Beugung der Funkwellen an Gebirgszügen zurückgeführt werden kann.

An Hand der topographischen Verhältnisse der beflogenen Gebiete stellen die Verfasser Überlegungen über das Zustandekommen solcher Erscheinungen an. In Ländern, in denen starke topographische Zerklüftungen vorliegen — bei den Verhältnissen in Japan steigen z. B. Berge unmittelbar aus der See empor — muß immer mit Störungen der Leitstrahlbildung gerechnet werden, so daß die Benutzbarkeit einer solchen Leitstrahlfunkfeueranlage beschränkt bleibt.

Treten bei einem Leitstrahlsender von etwa 3 bis 5° Öffnungswinkel des Leitstrahlsektors Strahlspaltungen in einem Bereich von mehr als 10° zu beiden Seiten des Sollkurses ein, so halten die Verfasser die Navigation nach dem Leitstrahl für ein blind fliegendes Flugzeug für gefährdet. Wenn auch mit zunehmender Flughöhe die störenden Erscheinungen immer geringer werden, so ist doch eine genaue Vermessung einer solchen Funkfeueranlage erste Voraussetzung für den Betrieb. [In Deutschland werden die zur Erleichterung der Landenavigation benutzten UKW-Leitstrahlfunkfeuer[3]) genauestens vermessen und laufend überwacht. Anm. d. Ber.]

Weiter wird darauf hingewiesen, daß bei einer Leitstrahlbildung nach dem Amplitudenverfahren bedauerlicherweise die Nutzfeldstärke in Leitstrahlrichtung stets kleiner ist, als in den

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1248. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

[2]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1267. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

[3]) H. J. Zetzmann, ETZ 58 (1937) S. 904.

Digitized by Google

anderen Richtungen, besonders bei unsymmetrischen mehrstrahligen Richtdiagrammen, weshalb die reflektierte oder auf den Leitstrahl zurückgebeugte Energie durch ihre verhältnismäßig großen Werte sich störend bemerkbar macht.

Bemerkenswert ist der Versuch der Verfasser, die beobachteten Erscheinungen mathematisch zu erklären, da sich in gewissem Umfang die Gesetze der Optik (z. B. das Huygenssche Prinzip) auch auf die Wellenausbreitung der Funkwellen anwenden lassen.

Die Verfasser erwarten von einem in der Entwicklung befindlichen Navigationsverfahren mittels Drehfunkfeuer (umlaufender Funkstrahl), das anstatt auf einem Amplitudenverfahren auf einem Modelungsverfahren der elektrischen Welle beruht, bessere Erfolge. *Zm.*

Physik.

DK 53

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1938. [Nach Phys. Z. 40 (1939) S. 237; 52S.]

Es sollen nur die Arbeiten der Abteilung 2 (Elektrizität und Magnetismus) besprochen werden, so weit die ETZ noch keine ausführlichen Berichte gebracht hat.

Die Arbeiten über das Verhältnis der internationalen und absoluten Einheiten wurden mit der Ausmessung der Stromwaage, der Selbstinduktionsspule mit Quarzgutkörper und der Vervollkommnung des Galvanometers und der Wechselstrommeßbrücke fortgesetzt.

Als Widerstandswerkstoff für Präzisionswiderstände wurde das Novokonstant, eine aluminiumhaltige Mangan-Kupfer-Legierung, seinen elektrischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften nach für gut geeignet befunden.

Zur Verringerung der dielektrischen Verluste in Selbstinduktionsnormalen wurden neuere Isolierstoffe für den Aufbau benutzt, und zwar für den Spulenkörper Frequenta ($\text{tg}\,\delta = 10 \cdot 10^{-4}$), eine keramische Substanz, die als solche keinen Deformationen unterliegt, und für die Litze eine Isolation aus Styroflex ($\text{tg}\,\delta = 7 \cdot 10^{-4}$), einem aus Äthylen und Benzol aufgebauten Kunststoff.

Zur Messung von Gegeninduktionskoeffizienten sehr kleinen Betrages wurde ein Kompensationsverfahren angewandt, bei dem als Vergleichsgröße ein absolut berechenbarer Gegeninduktionsvariator benutzt wurde, der aus zwei stromdurchflossenen Drahtkreisen in meßbar veränderlichem Abstand bestand.

Auf Grund internationaler Vereinbarungen sollen systematische Untersuchungen über Messungen von Feldstärken und Feldstärkenormale durchgeführt werden. Das Wellenbereich soll das gesamte Gebiet von einigen Metern an aufwärts umfassen; die zu messenden Feldstärken sollen je nach Wellenbereich zwischen 10 V/m und $2 \cdot 10^{-6}$ V/m und die Genauigkeiten zwischen 5 und 20% liegen. Es wurde zunächst das von quadratischen und runden Rahmen erzeugte Feld ausgemessen.

Strahlenschutzmessungen in praktischen Betrieben ergaben, daß bei den zur Zeit geltenden Bestimmungen die Tagesdosis nur etwa den 10. Teil der Tagestoleranzdosis von 0,25 r erreicht. Bei sehr harten Röntgenstrahlen von 500 kV ist Beton ein geeigneter Schutzstoff, da bei dieser Härte bereits die 15fache Dicke ausreicht, um einen gleichwertigen Bleischutz zu ersetzen.

Zur Kurvenmessung bei Hochspannung wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem die Grundwellenspannung durch die sinusförmige Spannung eines niederspannungsseitig erregten Resonanzkreises kompensiert wird. Die Scheitelwertmessung nach Chubb-Haefely wurde so verbessert, daß sie auch für Kurven mit mehreren Höchstwerten in einer Halbwelle anwendbar ist.

Es wurden die Fehler von Zählern und Meßgeräten bei nichtsinusförmiger Spannung untersucht, ferner die Abhängigkeit der Fehler vormagnetisierter Stromwandler von der Kurvenform, die Änderung der Fehler durch Abschalten unter Belastung und der Einfluß von Gleichstrom welliger Kurvenform.

Die Einführung neuer heimischer Werkstoffe an Stelle devisengebundener Isolierstoffe war Anlaß zu weiteren Forschungsarbeiten. Es seien erwähnt: Wärmedruckbeständigkeit nichthärtender Kunststoffe für Kabel und Leitungen, Kriechstromsicherheit von Installationsgegenständen aus Isolierpreßstoff, dielektrische Eigenschaften von Kunststoffen bei niederen Temperaturen, Wärmeausgleichzeit in Isolierstoffplatten, Gasaufnahme von Ölen bei Hochspannung, Alterungsprüfung von Kabelisolierölen, Temperaturabhängigkeit keramischer Werkstoffe bei Wechselspannung.

Wird bei der Rückkoppelung eines eigenerregten Wechselrichters als Koppelungsglied ein mechanischer Schwinger benutzt, so steuert dieser den Wechselrichter mit seiner Frequenz und wird bei Selbstanlauf dauernd in Schwingung erhalten. Diese Schaltung kann ohne zusätzliche Verstärkung zum Antrieb mehrerer Synchronuhren dienen oder als Dauerschwingungsprüfeinrichtung für Werkstoffprüfung.

Sollen Spannungskurven mit einer Oberwelligkeit von nur einigen Zehntel Prozent gemessen werden, so ist an Stelle eines Gleichrichtergerätes als Nullinstrument ein Vibrationsgalvanometer geeigneter, das völligen Abgleich der Grundwelle auf Null ermöglicht. Relativ unempfindliche tragbare Vibrationsgalvanometer, die auch für betriebliche Verhältnisse geeignet sind, genügen bereits den Anforderungen.

Im magnetischen Laboratorium wurden die Eisenverlustmessungen, insbesonders bei Induktionen über 15 000 CGS, weitergeführt. Zur Messung von Koerzitivkräften an kleinen Proben hochpermeabler Werkstoffe wurde ein Torsionsmagnetometer mit einem momentfreien Spulensystem konstruiert.

Für Temperaturmessungen in Veredelungsbädern, deren Temperatur nur in engen Grenzen verändert wird, wurde ein hoher Grad von Genauigkeit durch eine Wheatstonesche Brückenanordnung erzielt, die aus Platin und Platinrhodiumdrähten auf einem Glimmerkreuz besteht und als Ganzes der zu messenden Temperatur ausgesetzt wird. Eine größere Zahl von Glühlampen wurde an die neu einzuführende Lichteinheit, die durch den Hohlraumstrahler von 2046° abs. (Platinerstarrungspunkt) dargestellt wird, subjektiv photometrisch angeschlossen.

Eine an Zeigerinstrumente ansetzbare Vorrichtung wurde entwickelt, welche bei Zeigerdurchgang einen Photostrom auslöst und dadurch über ein empfindliches Schaltrelais und ein Hilfsrelais einen Meßkreis bei einem vorher einstellbaren Skalenteil selbsttätig ausschaltet. *Br.*

Praktische Mathematik.

DK 518.5

Integrimeter. [Nach P. Werkmeister, Z. Instrumentenkde. 59 (1939) S. 168; 4 S., 3 Abb.]

Durch Einbau in einen gleichschenkligen Schubkurbeltrieb (in eine kardanische Geradführung) ist das gewöhnliche Linearplanimeter durch L. Ott so umgestaltet worden, daß die Meßrolle bei Bewegung des Fahrstifts auf senkrechten Geraden in Ruhe bleibt. Dieses sogenannte Integrimeter liefert den Integralwert nicht erst nach Umfahren einer geschlossenen Figur, sondern läßt ihn von Punkt zu Punkt beim Nachfahren der zu integrierenden Kurve ablesen. Man kann also unmittelbar eine Zahlentafel der Integralfunktion aufschreiben. Durch sorgfältige Untersuchung zeigt sich, daß die Genauigkeit des Integrimeters, welches eine außerordentlich wertvolle Bereicherung der verfügbaren mathematischen Geräte darstellt, wohl für alle praktischen Bedürfnisse ausreicht. *A. Wt.*

Chemie.

DK 620.191 : 669.4

Die Korrosion von reinem und niedrig legiertem Blei. [Nach O. Heckler u. H. Hanemann, Z. Metallkde. 30 (1938) S. 410; 6 S., 11 Abb.]

C. Heckler und H. Hanemann haben aus reinstem, weniger als 0,004% Verunreinigungen enthaltendem Blei Legierungen mit 10 anderen Metallen, sowie Selen und Tellur im Gehalt von 0,005 bis 0,16% im Vakuum oder in Argon erschmolzen, nach 4 Tagen bei 100° zu Bändern verpreßt und hieraus Probestreifen geschnitten. Sie ermittelten deren Verlust in fließendem Leitungswasser, destilliertem Wasser, 20%-Salpetersäure, kalter 80% und heißer (120° und 180° C) konzentrierter Schwefelsäure. Bei Raumtemperatur griffen Leitungswasser und Schwefelsäure nicht nennenswert an, dagegen destilliertes Wasser verhältnismäßig stark; am meisten verloren die Legierungen mit Wismut. Verdünnte Salpetersäure löst rasch, weil sich nicht, wie in den vorigen Fällen, eine Schutzdecke bildet; hier verzögert Wismut die Auflösung. Heiße Schwefelsäure griff auf zwei Weisen an: Schwarzfärbung unter Bildung von Sulfatkristallen (am meisten Ni-, am wenigsten Ag- und Tellurlegierungen angegriffen) oder Zerfall (wismut-, arsen-, zink- und kalziumreichere Legierungen); im ersten Fall spielen Lokalelemente eine wesentliche Rolle, weil die betreffenden Metalle sich in Schwefelsäure wenig oder garnicht lösen und für Wasserstoff eine geringe Überspannung besitzen. *K. A.*

Digitized by Google

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Entwicklung der Energieversorgung der Ruhrzechen seit etwa 1930[1]).

DK 621.311 : 622

Immer mehr streben die Bergwerksunternehmungen nach der Zusammenfassung der Förderungen auf nur wenige Großschachtanlagen. So entstehen hochwirtschaftliche Hauptförderanlagen mit hochwertigen Kesseln, Preßlufterzeugung und elektrischer Zentrale, in vielen Fällen in Verbindung mit Großkokereien. Bisherige Kleinschachtanlagen werden zu Außenschächten, die als Wetterschächte und für Zwecke der Seilfahrt den Großschachtanlagen angegliedert werden. Durch Vollelektrisierung werden die Betriebskosten gesenkt und Arbeitskräfte frei, die bei dem Mangel an Facharbeitern auf den Hauptanlagen dringend gebraucht werden. Die Betriebskosten dieser Außenanlagen werden trotz der Umformung von Dampf in Strom und trotz der Übertragungskosten gegenüber den Kosten der alten, selbständigen Dampfanlage bedeutend herabgesetzt.

Auch unter Tage geht man dazu über, die Preßluftantriebe, wo irgend zulässig, durch den elektrischen Antrieb zu ersetzen.

Neben der fortschreitenden Umstellung auf elektrischen Antrieb bringt die nicht unbeachtliche Fördersteigerung, die Vergrößerung der Kokereien und Nebenanlagen, die Angliederung von Stickstoff- und Hydrieranlagen und die Abgabe elektrischer Energie an das Netz der allgemeinen Landesstromversorgung bei allen Zechen eine starke Erhöhung der Stromerzeugung. Durch diese gewaltige Entwicklung in der Energieversorgung nähern sich die Zechenkraftwerke immer mehr der Größenordnung der öffentlichen Kraftwerke. Als weiteres wichtiges Kennzeichen dieser Entwicklung ist die immer mehr zunehmende Verbundwirtschaft der Zechenkonzerne anzusehen.

Es ist erklärlich, daß bei der starken Entwicklung der Energieversorgung die Brennstoffbasis und Verbrennungstechnik bei dem Bau von Neuanlagen ganz besonders beachtet werden mußte.

Besonders in den letzten Jahren sind die Leistungen vieler alter Kessel durch Vergrößerung des Feuerraumes, Verbesserung des Wasserumlaufes und anderen Änderungen erheblich gesteigert worden. Weitere entscheidende Fortschritte sind in der Dampftechnik gemacht worden, wie Beherrschung von höheren Drücken und Temperaturen am Kessel und in der Turbine. Drücke von 100 atü und darüber, sowie Temperaturen bis zu 500° C können heute ohne besondere Schwierigkeiten angewendet werden.

Für die Größenangabe der Kessel muß ein neuer Maßstab gefunden werden. Der Wert der Heizfläche muß je nach Unterteilung und Lage zur Feuerzone ganz unterschiedlich angesetzt werden. Auch die Bezeichnung nach Dampfleistung in t/h genügt nicht, denn je nach Höhe der Dampfspannung und -temperatur ist der Wert der Dampfeinheit verschieden. Es wird deshalb ähnlich dem Brauch in den V.S.Amerika die Benennung der Kesselleistung in kW vorgeschlagen.

Nachdem es gelungen ist, Kessel für Dampfdrücke bis zum kritischen Druck und entsprechender Feuerungsart zu bauen, erscheinen laufend Neuerungen und Sonderbauarten, von denen der Bergbau bis jetzt jedoch nur ganz bestimmte verwendet. Mit ganz geringen Ausnahmen haben die Zechen Steilrohr- und den Teilkammerkessel gewählt, die nach Auskleidung des Feuerraumes mit Strahlungsheizfläche keine grundsätzlichen Unterschiede mehr besitzen. Als Sonderbauart haben als Steilrohrkessel gebaute Schmidt-Kessel im Bergbau Verwendung gefunden. Ihr Vorteil liegt in der Speisewasserfrage. Die neuzeitlichen Verfahren zur Speisewasseraufbereitung sind jedoch so vollkommen, daß ernste Schwierigkeiten auch bei den gewöhnlichen Trommelkesseln nicht mehr auftreten. Kennzeichnend ist bei der überwiegenden Mehrzahl der Kessel im Ruhrbergbau die Beibehaltung der Trommel mit natürlichem Wasserumlauf. Der große Wasserinhalt in der Trommel bedeutet besonders bei der durch Fördermaschinen bedingten stoßweisen Beanspruchung des Dampfnetzes einen unentbehrlichen Speicher.

Einige Hydrierwerke haben den trommellosen Kessel, Bauart Benson und Sulzer, gewählt. Da bei diesen der Dampfspeicher fehlt, mußte hier eine trägheitslose Feuerung, d. h. Kohlenstaub- oder Gasfeuerung, genommen werden.

Wie berechtigt eine gewisse Zurückhaltung des Bergbaues in der Übersetzung von Druck und Temperatur ist, läßt die Zahlentafel 1 über den wärmetechnischen Wert der Drucksteigerung erkennen. Die Zahlen sind nach Unterlagen aus dem Wärmebüro einer großen Bergbaugesellschaft aufgestellt, unter Berücksichtigung der im Jahresdurchschnitt erreichbaren Wirkungsgrade und Betriebszahlen.

Zahlentafel 1. Spezifischer Wärmeverbrauch je kWh bei verschiedenen Dampfdrücken.

Beispiel	1	2	3	4	5
Dampfdruck am Kessel . atü	32	40	50	64	80
Dampftemperatur am Kessel °C	450	475	500	510	525
Dampfdruck an der Maschine atü	28	35	43	54	67
Dampftemperatur an der Maschine . . . . °C	425	450	475	485	500
Anzapfdruck . . . . . ata	12	12	12	12	12
Anzapftemperatur . . °C	325	326	326	307	300
adiabatisches Gesamtwärmegefälle (bis Kondensation) . . . . WE/kg	258,5	273	286,5	294,5	305,5
spez. Dampfverbrauch je Nutz-kWh, d. h. einschließlich Vorwärmdampf und Selbstverbrauch . . . . . kg/kWh	4,98	4,71	4,51	4,38	4,22
spez. Wärmeverbrauch (in Kohle) . . . WE/kWh	3900	3750	3650	3550	3450
Wärmegewinn gegenüber der nächstniederen Druckstufe . . . WE/kWh		150	100	100	100

Während man bei den Drücken von 32 bis 50 atü mit den zulässigen Anfangstemperaturen den 12 ata Anzapfdampf noch mit der im Zechennetz erträglichen Überhitzungstemperatur von 325° C erhält, hat der von 80 atü auf 12 ata entspannte Dampf nur noch eine Temperatur von 300° C. Der hierdurch bedingte größere Dampfverbrauch im 12 ata-Netz muß von den durch Druckerhöhung erzielten Ersparnissen abgezogen werden.

Es muß hier weiter berücksichtigt werden, daß die zunehmende Druckerhöhung steigende Anlagekosten und auch größere Betriebserschwerungen bringt. Es sind also bei der Wahl des Dampfdruckes die wärmewirtschaftlichen Vorteile und die Kosten der Anlage gegeneinander abzuwägen. Nennenswerte Ersparnisse sind bei Drucksteigerung über 64 atü hinaus nicht mehr zu erreichen, da von diesem Druck an Kesselwerkstoff, Armaturen und Rohrleitungen im Preise stark ansteigen. Die vorhandenen Kesselanlagen ab 100 atü Dampfdruck benutzen als Hilfsmittel die Zwischenüberhitzung. Für Zechenanlagen ist die Zwischenüberhitzung jedoch noch nicht zu empfehlen, da deren Bau und Betrieb heute noch zu teuer sind.

Wenn auch auf den Zechen durch die Erneuerung bzw. Erweiterung der Kesselanlagen höhere Dampfdrücke eingeführt werden, so müssen trotzdem mit Rücksicht auf die vorhandenen Maschinenanlagen und Kokereibetriebe die 12 bis 15 atü-Dampfnetze erhalten bleiben. Es werden daher immer mehr Vorschaltturbinen in der Größenordnung von 2000 bis 4000 kW aufgestellt, durch die bei der Entspannung des Dampfes auf 12 bis 15 atü elektrische Energie gewonnen wird.

In Verbindung mit einigermaßen neuzeitlichen Kondensationsturbinen für 12 bis 15 atü läßt sich diese Umgestaltung der Wärmewirtschaft mit einfachsten Mitteln durchführen. An einer Schaulinie wird die im Vorschaltbetrieb bei Entspannung auf 12 atü gewinnbare Energie in Abhängigkeit vom Kesseldruck gezeigt, wobei im Gegensatz zu der Untersuchung über den Wärmeaufwand im Kondensationsbetrieb auch über 64 atü hinaus — entsprechender Bedarf vorausgesetzt — noch praktische Vorteile durch Zunahme der Energiegewinnung erzielbar sind. Ein Rechenbeispiel wird durchgeführt. *W. Schs.*

[1]) Nach J. **Haack**, Elektr. i. Bergbau 14 (1939) S. 3.

Digitized by Google

DK 621.311.003.1(43)

Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Deutschlands. [Nach W. Dettmar, Vortrag gehalten vor dem VDE-Bezirk Bremen am 14. 2. 39]

Nachdem es durch organisatorische Maßnahmen des Staates gelungen ist, die menschliche Arbeitskraft voll auszuwerten, bleibt uns für die weitere Steigerung der Erzeugung neben der Verfeinerung der Arbeitsverfahren ein verstärkter Einsatz mechanischer Kräfte und erhöhte Nutzung der in Deutschland zur Verfügung stehenden großen Energiequellen. Wir verfügen über 280 Mrd t Steinkohlen und 60 Mrd t Braunkohlen sowie nutzbare Wasserkräfte für 30 bis 50 Mrd kWh/Jahr. Je 185 Mill t Braun- und Steinkohle bestritten 1937 den Energiebedarf Deutschlands, wovon 13% für die Elektrizitätswirtschaft nutzbar gemacht wurden. Im Zeichen der neuen chemischen Großverfahren und im Rahmen des Vierjahresplanes ist mit einem schnellen Anstieg der Erzeugung zu rechnen, die 1938 rd. 57 Mrd kWh betrug und für 1940 auf 80 Mrd kWh geschätzt wird. Damit steht Deutschland in der Weltstromerzeugung an 2. Stelle hinter Amerika, mit 12,2% von 425 Mrd kWh. 17 Millionen kW genügen in Deutschland den Anforderungen heute nur, weil es auf dem Wege der Verbundwirtschaft gelang, alle Reserven nutzbar zu machen. Die Benutzungsdauer aller Werke nähert sich 3500 Std.

Braunkohle, Wasserkraft und die auf Steinkohlenzechen anfallenden Waschberge bestimmen maßgeblich den Standort der großen Erzeugungsstätten, während Steinkohlen-Kraftwerke an den Stellen der größten Verbrauchsdichte aufgestellt werden können. 40% der Erzeugung übernimmt heute die Braunkohle, rd. 36% die Steinkohle und 15% die Wasserkraft, die hauptsächlich in Verbindung mit der Flußregelung anfällt.

Die Versorgungsunternehmen in Privatbesitz wurden im Laufe der 50jährigen Entwicklung von den gemischtwirtschaftlichen und neuerdings von den Gesellschaften der Provinzen und Länder verdrängt. Der kommunale Einfluß hat sich leider zersplitternd und durch die Finanzbelastung hemmend ausgewirkt. Die heute in Deutschland vorhandenen 12 000 Versorgungsbetriebe sind untragbar. Eine durchgreifende Flurbereinigung ist notwendig, damit die großen Aufgaben für Industrie, Haushalt und Landwirtschaft erfüllt werden können. Für billigste Strompreise ist der Einsatz letzter feuerungs- und maschinentechnischer Erkenntnisse unserer Industrie in Kraftwerken mit 100 bis 150 MVA Leistung erforderlich. *Sb.*

DK 621.316.016.23.003.1(494)

Verbrauch elektrischer Energie für Haushalt und Gewerbe in der Schweiz im Jahre 1937. [Nach Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 705; 5 S., 11 Abb.]

Seit 1931 veranstaltet der VSE jedes Jahr eine Umfrage über den Verbrauch elektrischer Energie für den Haushalt und für einige Elektrowärme-Anwendungen im Gewerbe. Im Jahre 1937 waren an der Erhebung 243 Unternehmungen beteiligt, deren Einwohnerzahl der unmittelbar versorgten Gebiete 3,5 Mill betrug, d. s. 86% der Gesamtbevölkerung der Schweiz. Die Zahl der erfaßten Haushaltungen stellte sich auf 888 800.

Zahlentafel 1.
Die oberen Zahlen gelten für 1937 und die unteren für 1931.

	Anzahl der Geräte	Leistung je Gerät kW	Gesamt-Jahresverbrauch 1000 kWh	Jahreseinnahme RM	mittlere Einnahme je 1 kWh Rpf
1. Kochherde mit 2 und mehr Pl. .	108 000	5,03	130 000	4732,00	3,64
	62 700	4,27	78 000	3136,00	4,02
2. Kochherde in Hotels, Anstalten usw.	3 590	12,63	22 350	675,36	3,02
	1 650	8,66	8 900	316,32	3,44
3. Heißwasserspeicher	165 000	1,400	306 000	5768,00	1,88
	96 000	1,449	197 000	4368,00	2,22
4. Futterkochkessel	2 140	2,38	4 950	102,48	2,06
	2 020	2,25	5 100	115,36	2,26
5. Haushaltkühlschränke . . .	10 900	0,291	4 020	254,8	6,34
	—	—	—	—	—
6. Kleinwärmegeräte in Haushaltungen . . .	1 080 000	0,571	90 000	5656,00	6,28
	770 000	0,569	69 500	4709,60	6,77
7. Kleinmotoren in Haushaltungen .	170 000	0,195	6 470	651,84	10,08
	94 000	0,184	3 980	492,80	12,37
8. Backöfen in Bäckereien . .	380	41,4	28 200	448,00	1,59
	328	37,4	23 400	415,52	1,77
9. Backöfen in Konditoreien .	680	12,1	8 400	207,20	2,46
	342	11,8	5 000	128,24	2,56
10. Kühlschränke im Gewerbe . .	6 600	1,09	10 700	588,00	5,49
	—	—	—	—	—

100 schweiz. Franken = 56 RM.

Greifen wir aus den ausführlichen, 15 Spalten enthaltenden Tafeln, welche für die 7 Jahre 1931 bis 1937 aufgestellt sind, das erste und das letzte Jahr heraus und beschränken uns auf die Angaben von 5 Spalten, so erhalten wir die Übersicht in Zahlentafel 1.

Wie aus der Zahlentafel hervorgeht, ist bei allen Geräten die Anzahl gestiegen; etwa verdoppelt haben sich in den sieben Jahren 1931 bis 1937 die Anzahl der Kochherde in den Hotels usw. sowie die Backöfen in Konditoreien, während die Backöfen in Bäckereien nur eine geringe Steigerung aufweisen. Die mittleren Einnahmen der Werke für je 1 kWh sind durchweg gesunken, jedoch nur um zehntel Rpf. Nur die Einnahmen für die Kleinmotoren in Haushaltungen zeigen einen stärkeren Einnahmerückgang von 12,37 Rpf auf 10,0 Rpf. *Trb.*

DK 621.311 (474.2)

Zwei Jahre Elektrisierung Estlands. [Nach Ost-Europamarkt 19 (1939) S. 82; 5 S., 1 Abb.]

Der Aufsatz enthält eine Karte, in welcher die Wasser- und Wärmekraftwerke, sowie die vorhandenen und geplanten Leitungen eingetragen sind. Der Grundgedanke des Elektrisierungsplanes ist, ein alle Städte Estlands sowie den größeren Teil der landwirtschaftlichen Bezirke erfassendes Stromnetz zu bauen, das von einer Anzahl größerer Kraftwerke gespeist wird, die mit Wasserkraft (Narva und Tori-Levi), Brennschiefer (Kothla, Püssi und Reval) und Torfkraft (Ellamaa und Ulila) betrieben werden. Seit dem Jahre 1936 ist eine Reihe von Neubauten und Erweiterungen bereits vorgenommen. Von den die größeren Städte versorgenden Leitungen aus ist auch eine Elektrisierung der landwirtschaftlichen Bezirke zu erreichen. Auch der Versorgung der Industrie wird erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet. In der letzten Zeit ist eine stärkere Aktivität der Regierung auf diesem Gebiete zu spüren; sie hat die Gründung einer „staatlichen Zentrale für Elektrizität" in Aussicht genommen und ein Kapital von 6,8 Mill RM in Staatsschuldverschreibungen zur Verfügung gestellt. *Trb.*

DK 621.311.21 : 669.16

Roheisenerzeugung und Wasserkraft in Schweden. [Nach Svenska Vattenkraftföreningens Publikationer 318 (1938 : 14)]

Zur Prüfung der Möglichkeiten zur Errichtung eines Eisenwerkes in Nordschweden wurden vom Staate Sachverständige hinzugezogen, welche neuerdings ein Gutachten abgegeben haben. Aus arbeitstechnischen Gründen wäre es erwünscht, eine Veredelung der Bodenschätze in der Nähe der Fundorte vorzunehmen, wenn sich dies wirtschaftlich durchführen ließe. Die große Einfuhr von Roheisen könnte dadurch zugunsten der Handelsbilanz, namentlich im Falle einer verminderten Eisenerzausfuhr, eingeschränkt werden. Die Verwertung der reichlichen Vorkommen von Erz, Wasserkraft und Wäldern sollte in dieser Weise gefördert werden. Nach dem Vorschlag der Regierung wurde die Errichtung eines Eisenwerkes veranschlagt. Folgende Anlagen mit Gebläse- und elektrischen Hochöfen sowohl für Holzkohle als auch für Koksbeschickung wurden durchgerechnet.

1 A	1 B	2 A	2 B
2 Gebläsehochöfen für jährlich 30 000 t Holzkohleroheisen (40 000 t)	2 Gebläsehochöfen für jährlich 90 000 t Koksroheisen (50 000 t)	1 elektrischer Hochofen für jährlich 30 000 t Holzkohleroheisen	1 elektrischer Hochofen für jährlich 30 000 t Koksroheisen (60 000 t)

Als Verlegungsort wurde der Ausfuhrhafen Svartön der Stadt Luleå als geeignet angesehen. Zur Verhüttung ständen bei den z. Z. laufenden Bindungen jährlich 200 000 t Eisenerz zur Verfügung. Bei Anlieferung zum Selbstkostenpreis würden trotzdem die Erzkosten für Holzkohleeisenerzeugung höher ausfallen als die Erzbeschickung der meisten Eisenwerke Schwedens, die sich mit der Ausfuhr von Holzkohleeisen befassen. Letztere bedienen sich überwiegend eines phosphorfreien Ausgangsmaterials, wogegen in Nordschweden eine Ausfuhrqualität von Holzkohleeisen erst nach Aufbereitung und Abtrennung von Phosphor erhältlich ist. Bei einer Herstellung von Koksroh-

Digitized by Google

eisen stellen sich die Verhältnisse günstiger, weil die Forderung an geringe Phosphorbeimengung nicht so weit getrieben wird, jedoch sind die mittelschwedischen Eisenwerke mit kleineren Entfernungen zwischen Grube und Hochofen sowie mit geringeren Arbeitslöhnen als in Nordschweden günstiger gestellt.

Zur Aufbereitung des Erzes wurde mit einem Verbrauch von 20 bis 25 kWh je Tonne Roherz entsprechend 25 bis 31 kWh je Tonne Schlich gerechnet. Zum Sintern wurde der Verbrauch zu 20 bis 30 kWh je Tonne Sinter geschätzt.

Als Grundpreise für Holzkohle wurden 10 bzw. 15 RM[1]) je Läst (1 Läst = 20 hl) und für Koks mit 14 bzw. 28 RM je Tonne gerechnet. Bei der Herstellung von Koksroheisen in elektrischen Öfen kann die Hälfte der Brennstoffmenge als Feinkoks zu $^2/_3$ des Preises für Koks verwendet werden.

Zum Schmelzen hatte die Staatliche Kraftwerksverwaltung einen Strompreis von 0,35 Rpf je kWh in Aussicht gestellt, und zwar mit einer für Ofenumspanner geeigneten Spannung. Für Motor- und Lichtstrom wurde mit 0,6 Rpf je kWh gerechnet.

Der Arbeitslohn in Luleå wurde zu 0,80 RM (gegenüber 0,66 RM im Durchschnitt) angenommen.

Zur Verwertung der Hochofengase in dem Vorschlag 1 B mit zwei Gebläsehochöfen für 90 000 Tonnen Roheisen wurde der Bau eines Dampfkraftwerks für 4500 kW vorgesehen. Die Arbeitsmenge von 300 kWh je Tonne wird mit 0,35 Rpf/kWh dem Werk angerechnet.

Zur Herstellung des Elektroroheisens wurde mit einem Ofen von 12 000 kW gerechnet. Je Tonne Eisen erhält man außerdem rd. 650 m³ gereinigtes Gas mit einem Heizwert von 2500 bis 2600 kcal/m³, eine Menge, die jedoch bei einem Ofen zu gering ist, um die Errichtung einer Kraftanlage zu rechtfertigen.

Die Anlagekosten für die oben aufgeführten Wahlausführungen stellen sich in 1000 RM wie folgt:

	1 A	1 B	2 A	2 B
	3370	4565	3200	2700
Hierzu für Aufbereitungsanlage in Luleå	746	540	746	—

Die Herstellungskosten richten sich natürlich nach dem Holzkohlepreis bzw Kokspreis, die in Schweden beträchtlich schwanken. Die Herstellungskosten je Tonne Roheisen stellen sich z. B. bei der Anlage: 1 A auf 64 RM, bei 2 A auf 63 RM, wenn der Holzkohlepreis je 20 hl 9,90 RM beträgt. Beträgt letzterer 15 RM, so erhöhen sich die Herstellungskosten auf 76 bzw. 70 RM. Der durchschnittliche Ausfuhrpreis war in den Jahren 1928/37 59 RM.

Kostet die Tonne Koks 14 RM, so stellen sich die Kosten für Koksroheisen je Tonne bei 1 B auf 34 RM, bei 2 B auf 46 RM. Bei einem Kokspreis von 28 RM stellt sich die Tonne Koksroheisen auf 45 bzw. 51 RM. Demgegenüber steht der Einfuhrpreis von im Durchschnitt 39,50 RM/t in den Jahren 1928/37. Aus dem obigen geht hervor, daß das im elektrischen Hochofen gewonnene Koksroheisen sogar beim geringen Strompreis erst bei sehr hohen Kokspreisen mit dem Koksroheisen aus einem Gebläsehochofen in Wettbewerb treten kann. Bei normalen Kokspreisen wäre somit ein verhältnismäßig hoher Überpreis für Elektrokoksroheisen erforderlich. Beim Holzkohleroheisen aus dem elektrischen Ofen im Vergleich mit der entsprechenden Erzeugung im Gebläsehochofen wird der Preis kleiner bei einem Holzkohlepreis von mehr als 9,90 bzw. 15 RM je 20 hl. Der Preisunterschied ist jedoch nicht sehr groß.

Beim heutigen Standpunkt der Technik schneidet also der Gebläseofen günstiger ab, und zwar unabhängig davon, ob Koks oder Holzkohle als Brennstoff verwendet wird. Diese Tatsache ist unter den gegebenen Voraussetzungen zu bedauern. Vielleicht bietet die elektrische Roheisengewinnung technische Entwicklungsmöglichkeiten, die dagegen beim Gebläsehochofen als fast erschöpft zu betrachten sind.

Ein Holzkohleeisenwerk der untersuchten Art würde wesentlich der schwedischen Ausfuhr dienen und eine Einschränkung oder Stillegung der Tätigkeit einiger vorhandener mittelschwedischer Eisenwerke herbeiführen. Dagegen könnte ein Kokseisenwerk im Inland Absatz finden, allerdings auf die Gefahr hin, daß das investierte Kapital bei schlechten Konjunkturen nicht verzinst werden kann.

Endlich vertreten die Sachverständigen den Standpunkt, daß der Betrieb entweder rein privat oder rein staatlich sein sollte. Der Absatz würde sich jedoch unter staatlicher Führung schwerer stellen als bei einem Unternehmen, an dem die schwedischen Eisenhersteller beteiligt sind. *Hldn.*

[1]) 1 Schw. Kr. = 0,58 RM.

DK 621.311.22.002.52

Wirtschaftlichkeit des Hilfsmaschinenantriebs durch Dampfturbinen oder elektrische Motoren. [Nach M. Andritzky, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 135; 4½ S., 12 Abb.]

Als Beitrag zur weiteren Beurteilung der Frage, ob elektrische oder Dampfantriebe bei Eigenbedarfsanlagen größerer Dampfkraftwerke zu bevorzugen sind, gibt der Verfasser eine vorwiegend wirtschaftliche Betrachtung für ein als Beispiel dienendes neuzeitliches Dampfkraftwerk. Die Untersuchung bezieht sich auf den ersten Ausbau des betreffenden Werkes mit 105 000 kW und auf den Endausbau mit 210 000 kW installierter Leistung, wobei der Wärmeverbrauch bei Vollast und die Anlagekosten der Hilfsmaschinenantriebe in Abhängigkeit von dem Verhältnis der Leistung des dampfgetriebenen Teiles zum Gesamteigenbedarf angegeben wird. Den Vorteilen des Dampfantriebs, der organisch in den Dampfteil eines Kraftwerkes eingegliedert werden kann, gegen Störungen im elektrischen Teil unempfindlich ist, eine hohe Betriebssicherheit und Überlastbarkeit hat und schließlich eine einfache Drehzahlregelung gestattet, stehen die Vorteile des elektrischen Antriebes gegenüber, die in der Arbeit nicht gezeigt werden. In Abb. 1 ist der Unterschied der jährlichen Gesamtkosten dargestellt, welche der Verfasser für rd. 100 000 kW abgebbare Leistung im ersten und 200 000 kW im Vollausbau in Abhängigkeit von dem bereits erwähnten Verhältnis angibt. Hierbei sind die Bereitstellungskosten für die elektrische Energie mit 230 RM/kW installierter Kraftwerksleistung, ein Preis von 2,50 RM/t Braunkohle und 15% Kapitaldienst angenommen. Die Bereitstellungs-

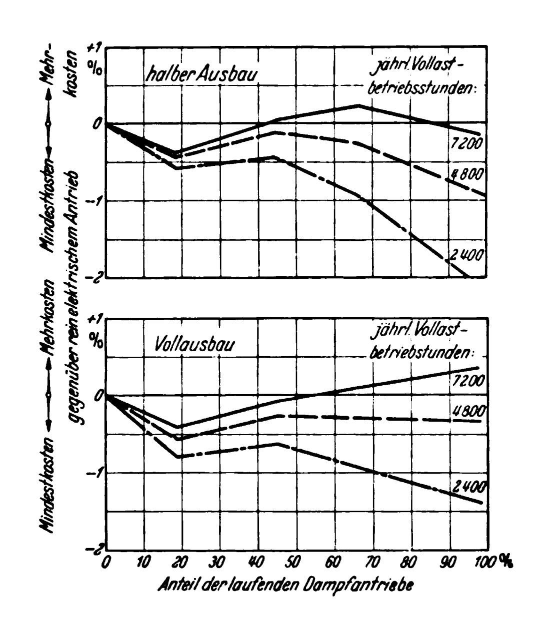


Abb. 1. Jährliche Gesamtkosten.

kosten für Dampf sind mit 46% derjenigen für elektrische Energie eingesetzt. Entsprechend der Darstellung kommt der Verfasser zu dem Ergebnis, daß der Dampfantrieb nur bei niedriger Benutzungsdauer, gleichzeitig hohem Anteil der Dampfantriebe und hohen Kosten je kW installierter Kraftwerksleistung gewisse wirtschaftliche Vorteile bringt. Ein Überblick über die Antriebe in 19 großen, vorwiegend neuzeitlichen amerikanischen Kraftwerken läßt die fast ausschließliche Verwendung elektrischer Antriebe erkennen. *Opz.*

Handelsregistereintragungen. — Elektro-Bau AG., Linz (0,8 Mill RM): Gewerbsmäßige Übernahme der Ausführungen von elektrischen Licht-, Kraft- und Schwachstromanlagen und Ausführung aller damit zusammenhängenden Arbeiten sowie u. a. die Erzeugung elektrischer Maschinen und Geräte aller Art. Die Firma ist hervorgegangen aus der Oberösterreichischen Elektro-Bau AG., Linz. — Wiener Kabel- und Metallwerke AG., Wien XXI, Siemensstr. 88 (0,5 Mill RM): Herstellung und Vertrieb von Kabeln, elektrischen Leitungen und Metallerzeugnissen jeglicher Art.

Digitized by Google

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Elektroeinfuhr 1938 Estland, Lettland, Litauen. — Die in den folgenden Zahlentafeln dargestellte Elektroeinfuhr 1938 zeigt für Estland (Zahlentafel 1a und b) ein

Zahlentafel 1a. Estland: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektro-einfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Elektrische Maschinen, Transformatoren und Teile	296	691	960	10,1	17,5	24,3
Kabel und isolierte Drähte	532	872	729	17,9	22,1	18,5
Meß- und Zählvorrichtungen	136	142	161	4,6	3,6	4,1
Schalt- und Sicherheitsapparate	208	303	333	7,0	7,7	8,4
Glühlampen	250	286	319	8,5	7,3	8,1
Telegraphie und Telephonie mit Draht	79	231	193	2,6	5,8	4,9
Rundfunkgeräte und Teile davon	1108	676	708	37,4	17,2	17,9
sonstige	351	743	542	11,9	18,8	13,8
insgesamt	2960	3944	3945	100	100	100

Zahlentafel 1b. Estland: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektro-einfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Deutschland	1537	1916	2054	53,0 (mit Österreich)	49,1 (mit Österreich)	52,2 (mit Österreich)
Österreich	34	18	6			
Schweden	216	778	796	7,3	19,7	20,2
Großbritannien	228	443	318	7,7	11,2	8,1
Finnland	91	174	231	3,1	4,4	5,9
Niederlande	556	312	210	18,8	7,9	5,3
V. S. Amerika	88	71	90	3,0	1,8	2,3
Lettland	114	61	72	3,9	1,6	1,8
Dänemark	.	16	35	.	0,4	0,9
sonstige Länder	96	155	133	3,2	3,9	3,3
insgesamt	2960	3944	3945	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

gegenüber dem Vorjahr nur unwesentlich verändertes Einfuhrergebnis. Die Gesamt-Einfuhr betrug 1938 wie 1937 3,9 Mill RM. Wesentlich gestiegen ist die Maschineneinfuhr, ferner die Einfuhr von Meß- und Zählvorrichtungen, Schaltapparaten, Glühlampen und Rundfunk. In den anderen Gruppen ist dagegen ein Einfuhrrückgang eingetreten, wenn auch in allen Gruppen außer Rundfunk das Ergebnis von 1937 überschritten ist. Deutschland steht nach wie vor als Lieferant an erster Stelle, es lieferte 52 % gegenüber 49 % im Vorjahr. Die in der Größe folgenden Lieferanten waren Schweden, Großbritannien, Finnland und die Niederlande, die 1937 43,2 % und 1938 39,5 % der Einfuhr bestritten.

Die Einfuhr von Lettland (Zahlentafel 2a und b) ist gegenüber dem Vorjahr um 43 % gestiegen. Sämtliche Positionen außer Glühlampen haben an dieser Verbesserung teilgenommen. Unter den Lieferländern steht auch hier wieder Deutschland an

Zahlentafel 2a. Lettland: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektro-einfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Elektrische Maschinen, Transformatoren und Teile	562	519	652	28,5	26,9	23,5
Kabel und isolierte Drähte	41	120	158	2,1	6,2	5,8
Elektr. Meß- und Zählvorrichtungen	101	109	114	5,1	5,7	4,1
Schalt- und Sicherheitsapparate	374	315	403	18,9	16,4	14,6
Glühlampen und Teile	123	133	124	6,2	6,9	4,5
Rundfunkgeräte und Teile	464	468	525	23,5	24,3	19,0
sonstige	312	264	784	15,7	13,6	28,5
insgesamt	1977	1928	2760	100	100	100

Zahlentafel 2b. Lettland: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektro-einfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Deutschland	1346	1088	1675	70,2 (mit Österreich)	59,1 (mit Österreich)	62,9 (mit Österreich)
Österreich	41	53	60			
Niederlande	371	379	322	18,8	19,7	11,7
V. S. Amerika	75	102	214	3,8	5,3	7,7
Großbritannien	51	73	172	2,6	3,8	6,2
Schweden	40	143	129	2,1	7,4	4,7
Schweiz	10	10	112	0,4	0,5	4,0
sonstige Länder	43	80	76	2,1	4,2	2,8
insgesamt	1977	1928	2760	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

erster Stelle mit 59 % 1937 und 63 % 1938. Deutschland war somit wesentlich an der Einfuhrzunahme beteiligt, und zwar betrug die Zunahme von 1937 auf 1938 der deutschen Lieferungen 52 %. Wichtigste Lieferanten neben Deutschland waren die Niederlande, V. S. Amerika und Großbritannien, die 1937 28,8 % und 1938 25,6 % der lettischen Einfuhr lieferten.

Auch die Einfuhr von Litauen (Zahlentafel 3a und b) ist gegenüber dem Vorjahr erheblich, und zwar um 51,2 % gestiegen. Auch hier ist wieder Deutschland wesentlich an der

Zahlentafel 3a. Litauen: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektro-einfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Elektrische Maschinen, Tranformatoren und Teile	305	421	903	15,0	14,1	20,0
Kabel und isolierte Drähte	190	328	562	9,3	11,0	12,5
Elektr. Meß- und Zählvorrichtungen	94	119	153	4,6	4,0	3,4
Elektrische Lampen	172	209	290	8,4	7,0	6,4
Telegraphie und Telephonie mit Draht	61	66	93	3,0	2,2	2,1
Rundfunkgeräte und Teile einschl. Röhren	626	1260	1481	30,7	42,2	32,7
sonstige	592	582	1031	29,0	19,5	22,9
insgesamt	2040	2985	4513	100	100	100

Zahlentafel 3b. Litauen: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektro-einfuhr		
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	1936 %	1937 %	1938 %
Deutschland	639	1196	2180	37,6 (mit Österreich)	41,7 (mit Österreich)	49,1 (mit Österreich)
Österreich	128	50	34			
Niederlande	226	728	830	11,1	24,4	18,4
Großbritannien	335	229	343	16,4	7,6	7,6
Belgien-Luxemburg	168	224	268	8,2	7,5	5,9
Tschecho-Slowakei	141	140	213	6,9	4,7	4,7
Schweiz	31	65	158	1,5	2,2	3,5
Lettland	107	101	97	5,3	3,4	2,1
V. S. Amerika	91	75	93	4,5	2,5	2,1
sonstige Länder	174	177	297	8,5	6,0	6,6
insgesamt	2040	2985	4513	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

Einfuhrverbesserung beteiligt gewesen; die Zunahme der Lieferungen aus Deutschland hat 78 % betragen, so daß der deutsche Anteil an der Gesamtbelieferung Litauens von 41,7 % auf 49,1 % gestiegen ist. Die in der Größe folgenden Lieferländer, die Niederlande, Großbritannien und Belgien, haben zwar auch ihre Lieferungen nach Litauen vergrößert, jedoch in wesentlich geringerem Umfange. Demzufolge ist ihr Anteil an der litauischen Einfuhr von 39,5 % auf 31,9 % zurückgegangen. Auch in Litauen ist die Einfuhr in sämtlichen Warengruppen gestiegen, bei Maschinen ist mehr als eine Verdoppelung eingetreten, bei Kabeln und isolierten Drähten betrug die Zunahme 71 %, bei dem größten Einfuhrposten Rundfunkgeräte 17,5 %.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Schalt- und Steuergeräte.
Ausschuß für Hochspannungs-Schaltgeräte.

Die Fachgruppe „Apparate" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat in Zusammenarbeit mit dem Fachnormenausschuß für Werkzeugmaschinen Entwürfe zu den Normblättern

DIN VDE 3605 „Schaltgeräte, Kennzeichnung von Druckknopf-Tastern und -Schaltern",

DIN VDE 3606 „Schaltgeräte, Kennzeichnung der Anzeigeschilder für die Schaltstellungen",

DIN 1817 „Werkzeugmaschinen, Einbautafeln für Schaltgeräte"

aufgestellt. Die beiden erstgenannten Entwürfe sind mit Erläuterungen zum Entwurf 1 von DIN VDE 3605 von W. Höpp VDE in ETZ 60 (1939) S. 1045 veröffentlicht. Der Entwurf 1 zu dem Normblatt DIN 1817, auf dem der VDE als Mitträger genannt wird, ist in den DIN-Mitteilungen 22 (1939) H. 18 u. 19 veröffentlicht.

Begründete Einsprüche zu den drei genannten Normblatt-Entwürfen können bis zum 15. Oktober 1939 an die Geschäftstelle eingereicht werden.

Ausschuß für Bahnwesen.

Die Normgruppe „Bahnen" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat gemeinsam mit der Deutschen Reichsbahn einen Entwurf zu dem Normblatt

DIN VDE 6218 „Leitungsösen"

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 1046 veröffentlicht ist. Da anzunehmen ist, daß die vorliegende Norm auch für andere Gebiete Anwendung findet, wurde davon Abstand genommen, das Fachgebiet „Elektrische Bahnen" als Anwendungsgebiet anzugeben.

Begründete Einsprüche und Anregungen zu dem Entwurf sind bis zum 15. Oktober 1939 an die Geschäftsstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Ungültige Prüfzeichengenehmigungen.

Die nachstehend näher bezeichneten Genehmigungsausweise zur Führung des VDE-Zeichens haben ihre Gültigkeit verloren:

1. Fa. Roland Brandt, Berlin SO 36,
   a) Gen.-Nr. 738/3 f. Volksempfänger VE 301 GW,
   b) Gen.-Nr. 738/4 f. Arbeitsfrontempfänger DAF 1011,
   c) Gen.-Nr. 738/5 f. Volksempfänger VE 301 Wn.
2. Fa. Braun-Radio G. m. b. H., Frankfurt a. M.
   a) Gen.-Nr. 1058/1 f. Volksempfänger VE 301 GW,
   b) Gen.-Nr. 1058/3 f. Volksempfänger VE 301 Wn.
3. Fa. Lorenz-Radio-Vertriebsges. m. b. H., Bln.-Tempelhof,
   a) Gen.-Nr. 310/17 f. Volksempfänger VE 301 GW
   b) Gen.-Nr. 310/19 f. Volksempfänger VE 301 Wn.
4. Fa. Lumophon-Werke, Bruckner & Stark, Nürnberg-O,
   a) Gen.-Nr. 573/2 f. Volksempfänger VE 301 GW,
   b) Gen.-Nr. 573/3 f. Volksempfänger VE 301 Wn.
5. Fa. Radio-Funkwerkstätten G. m. b. H., Bln.-Steglitz,
   a) Gen.-Nr. 1056/1 f. Volksempfänger VE 301 GW,
   b) Gen.-Nr. 1056/2 f. Arbeitsfrontempfänger DAF 1011.
6. Fa. TEKADE Süddeutsche Telephon-Apparate-Kabel- u. Drahtwerke A.G., Nürnberg,
   Gen.-Nr. 977/1 f. Volksempfänger VE 301 GW.
7. Fa. Wega Württembergische Radio G. m. b. H., Stuttgart,
   Gen.-Nr. 1050/1 f. Volksempfänger VE 301 GW.

Die besondere Bekanntmachung der oben erwähnten ungültigen Genehmigungen erfolgt gemäß § 7, 2 der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle, weil die Genehmigungsausweise von den genannten Firmen nicht zurückgegeben wurden bzw. nicht zurückgegeben werden konnten.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Dall

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Schloemilch †.

Mit Wilhelm Schloemilch ist am 8. Juli 1939 einer der ersten und schaffensreichsten Mitarbeiter der drahtlosen Technik von uns gegangen. Seine Verdienste um die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie und Telephonie beginnen mit deren Entstehen. Nach dem Studium der Elektrotechnik an der T. H. Darmstadt trat der junge Ingenieur über eine kurze Einarbeitungszeit in einem Elektrowerk bei der AEG ein und wurde um 1900 deren funktechnischer Abteilung zugeteilt. Hier wurde er einer der ersten Mitarbeiter von Prof. Slaby und dessen damaligen Assistenten Graf Arco. Mit der Gründung der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie und Telephonie, der heutigen Telefunken-Gesellschaft, trat er dorthin über und wurde als Prüffeld-Ingenieur für die Entwicklung und Untersuchung von Frittern angesetzt. Hier zeigte sich zum erstenmal seine besondere Eigenart, die ihn von der Prüfung der ihm anvertrauten Gegenstände zu deren Weiterbildung und mehr noch zu ihrer Überwindung führte. Er setzte an Stelle des schwerfälligen und unzuverlässigen Fritters die elektrolytische Zelle, die unter dem Namen „Schloemilchzelle" in jenen Anfangszeiten den drahtlosen Empfang einen bedeutenden Schritt vorwärts brachte. Ähnlich ist der Erfolg seiner Arbeiten am Detektor, dessen Form, wie sie vor allem in der Nachkriegszeit mit dem Aufkommen des Rundfunks jahrelang die entscheidende Rolle gespielt hat, im wesentlichen seiner Entwicklungsarbeit zu verdanken ist.

Als Telefunken 1914 ein eigenes Röhrenlaboratorium unter Leitung von Prof. Rukop begründete, kam Wilhelm Schloemilch als leitender Ingenieur in seinen Stab. Er hat damals die ersten Arbeiten an der Hochvakuumröhre mitgemacht und zugleich ihre Anwendung in dem ersten Röhrenempfänger vorbereiten können, der am 2. 8. 1914 einen neuen Abschnitt der Funktechnik einleitete. Aber auch hier ging seine Arbeit immer wieder in die Durcharbeitung der letzten Einzelheit. So ist die erste Röhre mit konzentrischen Elektroden aus seiner Hand gekommen, etwa gleichzeitig mit Round in Amerika. Während des Krieges selbst hatte er vor allem mit dem Ausbau der Röhrentechnik zu tun, die gewaltige Anforderungen stellte. Daneben fand er Zeit, ein besonderes Horchgerät zu entwickeln, das in der Zeit des Stellungskrieges vor allem für das

Digitized by Google

Abhören feindlicher Minierarbeiten sich als überaus nützlich erwies.

Seine langjährige Arbeit im Telefunkenhaus hat ihn in die ganze Welt geführt. Erprobungsfahrten mit den ersten Schiffsstationen, später der Bau von Küstenstationen und Großfunkstellen, zuletzt im Kriege die Fertigstellung militärischer Großfunkstellen in den verbündeten Ländern, alles das waren Aufgaben, die den Unermüdlichen immer wieder von dem stillen Forschertisch mit der Praxis in Verbindung hielten.

Schloemilchs Wesensart wird vielleicht am besten klar, wenn man sagt, daß er der gewissenhafteste Forscher des scheinbar Nebensächlichen war; nur er konnte in der Einführungszeit des deutschen Rundfunks die am Markt befindlichen Detektor-Kristalle so sorgfältig untersuchen, daß er Empfindlichkeiten je mm² Oberfläche angeben konnte. Seine glückliche Hand und sein experimentelles Geschick haben Schloemilch zu einem der wichtigsten und erfolgreichsten Mitarbeiter auf dem Gebiete der Funktechnik gemacht. In ihrer Geschichte wird er stets einen ehrenvollen Platz einnehmen. F. Schilling.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 534.89

Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik. Von Prof. Dr. L. Bergmann. 2., erweit. Aufl. Mit 225 Abb., XII u. 358 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis geb. 25 RM.

Das Interesse an den vielfältigen Wirkungen, welche der Ultraschall auf die Materie ausübt, und die vielseitigen Anwendungen als Stroboskop, beim Fernsehempfang, als Nachrichtenmittel, zur Materialprüfung und als Beschleuniger beim Ablauf chemischer Vorgänge usw. hat bereits nach knapp zwei Jahren eine Neuauflage dieses ausgezeichneten Handbuches über den Ultraschall und seine Anwendungen in Wissenschaft und Technik nötig gemacht. Durch die Überarbeitung und Hineinarbeitung des inzwischen bekannt gewordenen Materials entspricht das Buch völlig dem augenblicklichen Stand der Forschung. Der Elektrotechniker wird an dem Buch viel Freude haben, wenn er sich über Teilgebiete schnell und zuverlässig unterrichten will. Es wäre zu wünschen, daß das Studium des Buches dazu führen würde, daß die Verfahren zur Erzeugung von Ultraschall überprüft und ausgearbeitet würden. Hier kann auch der Elektrotechniker mithelfen, um für die Anwendungen stärkere und wirtschaftlichere Ultraschallquellen zu schaffen.

E. Lübcke.

DK 621.398 : 62

Die Entwicklung und der Stand der Zugbeeinflussung bei der Deutschen Reichsbahn. Von Reichsbahnrat Krauskopf. (Handbücherei des „Bahn-Ingenieur" Heft 2.) Mit 283 Abb. u. 165 S. im Format A 4. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Berlin-Wien-Leipzig 1939. Preis kart. 6,40 RM.

Der erste Teil des Buches befaßt sich mit allgemeinen Fragen, den Arten und den Aufgaben der Zugbeeinflussung. Der zweite Teil des Werkes befaßt sich mit der Erprobung und praktischen Ausführung der Zugbeeinflussungsanlagen. Zunächst werden die Fahrsperren der Stadtschnellbahnen behandelt, sodann die Zugbeeinflussung auf Fernbahnen. Ausgehend von den mechanischen (nur mit Berührung arbeitenden) Übertragungen und den mit Berührung und Stromübertragung arbeitenden elektromechanischen Anlagen werden in besonders eingehender Weise die Zugbeeinflussungseinrichtungen mit Übertragung ohne Berührung der Übertragungsstelle behandelt, also Einrichtungen mit ausstrahlender Luft oder Dampf, mit Schallwellen, mit magnetischen Feldern und mit Lichtstrahlen. Dabei werden eingehend Aufbau, Arbeitsweise, Durchführung praktischer Erprobung und deren Ergebnisse geschildert. Namentlich bei den Einrichtungen mit magnetischer Übertragung spiegelt sich in äußerst anschaulicher Weise der Entwicklungsgang wider, den diese Einrichtungen (abgesehen von Versuchen in der Vorkriegszeit) seit etwa 1925 durchlaufen haben, ehe sie ihren heutigen hohen Entwicklungsstand erreicht haben.

Das Buch ist, unterstützt durch äußerst umfangreiche, vortreffliche Bilder, sehr anschaulich geschrieben; es zeugt von tiefer Sachkenntnis nicht nur der heutigen, sondern aller überhaupt versuchten Einrichtungen, über die es vieles bringt, was bisher über den engsten Kreis der Fachleute nicht hinausgedrungen ist. Die Verbreitung, die das Buch verdient, dürfte ihm daher auch ohne empfehlende Worte sicher sein. Es gehört nicht nur in die Hand des Signalfachmannes, sondern eines jeden Eisenbahners. Wegen der zahlreichen besonderen Fragen, die die Zugbeeinflussung bietet, dürfte es auch jedem Fernmeldetechniker manche Anregung geben. R. Spies.

DK 621.81

Berechnung und Gestaltung der Federn. Von Dipl.-Ing. S. Groß. (Konstruktionsbücher, Bd. 3. Herausg. von Prof. Dr.-Ing. E.-A. Cornelius.) Mit 79 Abb. u. 87 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 4,80 RM.

Die Berechnung der Federn hat in den letzten 20 Jahren große Wandlungen durchgemacht, da wir heute über ihre zulässige Beanspruchung und die Verfahren zur Erreichung hoher Wechselfestigkeit ganz anders unterrichtet sind, wie früher. Auch die Berechnung der Spannungen in den Federn hat große Fortschritte gemacht. Diese Fortschritte wurden von zwei erfahrenen Fachleuten der Praxis und der Werkstoffprüfung in dem Werke Gross und Lehr, „Die Federn", VDI-Verlag Berlin 1938, zusammengefaßt. Eine Art Auszug aus diesem Werk ist das vorliegende Büchlein von Gross, das als Heft 3 der neuen „Konstruktionsbücher" erschienen ist, und in neuzeitlicher Weise das Wichtigste, was der Konstrukteur des Großmaschinenbaus und insbesondere des Fahrzeugbaus über Federn benötigt, zusammenfaßt.

Das Büchlein behandelt im ersten Teil die Biegefedern zur Aufnahme von Kräften (42 S.) und von Momenten (4 S.), im zweiten Teil die Drehungsfedern zur Aufnahme von Momenten (2 S.) und von Kräften (25 S.), im dritten die „Zug- und Druckfedern". Richtiger wäre es wohl gewesen, im dritten Teile die Tellerfedern (2 S.) und die Ringfedern (von Kreiszig) (4½ S.) als „Ringspannungsfedern" zusammenzufassen.

Das Büchlein ist wegen seiner Vollständigkeit und Zuverlässigkeit wärmstens zu empfehlen. Karl Kutzbach.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Grundriß der Fernsehtechnik in gemeinverständlicher Darstellung. Von Dr. F. Fuchs. Mit 129 Abb., 2 Tafeln u. 108 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag von R. Oldenbourg, München u. Berlin 1939. Preis kart. 2,80 RM.

[Ausgehend von der Umwandlung des Lichts in elektrische Ströme durch die lichtelektrischen Zellen werden der Entwicklungsweg vom Vielzellen- zum Einzellenfernseher und die Bedeutung der von Nipkow erfundenen Spirallochscheibe geschildert. Es folgen Kapitel über die Lichtsteuerung, die Reglung des Gleichlaufs zwischen Sende- und Empfangsseite, die für die deutsche Fernsehnorm maßgebenden Gesichtspunkte und über die Fragen der drahtlosen Bildübertragung bzw. der Verwendung besonderer Fernseh-(Breitband-)Kabel. Der Bedeutung der Braunschen Röhre für den Bildempfang entsprechend wird auf ihren Bau, ihre Wirkungsweise und ihren schaltungsmäßigen Einbau in einen Fernsehempfänger näher eingegangen. Die beiden letzten Kapitel des Buches befassen sich mit den verschiedenen Bildgebersystemen, die entweder auf mechanisch-optischen oder auf elektrischen Abtastverfahren aufgebaut sind.]

Whm.

Berichtigungen.

In der Notiz „Indien erhält das erste Fernsprech-Fernkabel" auf S. 994, H. 33, der ETZ d. J. muß es in der 7. Zeile 54,4 km heißen statt 544 km.

In dem Rundschaubericht „Der elektrische Antrieb in der chemischen Industrie" ist in Heft 32 der ETZ auf S. 972, Zeile 11 der rechten Spalte an Stelle Asynchronmotor Synchronmotor zu setzen.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. A. Lang VDE, Eßlingen a. N., Mettinger Straße 75.
Oberpostrat Dipl.-Ing. V. Petroni VDE, Wien XVIII, Hofstettgasse 7 7.
Dr. H. Reddemann, Berlin-Lichterfelde-West, Holbeinstr. 49.

Abschluß des Heftes: 25. August 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang — Berlin, 7. September 1939 — Heft 36

Der elektrotechnische Aufbau der Verkehrssignalanlage für die Ost-West-Achse in Berlin.

Von H. Bocker, Berlin.

DK 621.398 : 656.05

Übersicht. In dem Aufsatz werden die Anforderungen, die an eine neuzeitliche Verkehrssignalanlage gestellt werden, sowie der Aufbau der Signalanlage für die Ost-West-Achse in Berlin behandelt.

Um dem ständig wachsenden Verkehr Rechnung zu tragen, erhält Berlin nach den Entwürfen von Professor Speer ein großes Straßenachsenkreuz und mehrere Ringstraßen. Bevor die Ausgestaltung der neuen geplanten Verkehrssignalanlage für die erste dieser Verkehrsschlagadern geschildert wird, muß auf die verkehrstechnischen Anforderungen, die an eine solche Anlage gestellt werden müssen, eingegangen werden. Eine derartige Einrichtung für ein größeres zusammenhängendes Verkehrsgebiet soll nicht nur an den einzelnen Straßenkreuzungen ein gefahrloses Überqueren der Durchgangsstraße durch Fahrzeuge und Fußgänger ermöglichen, sondern außerdem den Zweck haben, auf der Durchgangsstraße selbst einen möglichst ungehinderten, gleichmäßig fließenden Verkehr sicherzustellen, damit die Leistung des Straßenzuges trotz Erhöhung der Sicherheit immer ein Maximum ist.

Für die Regelung des Verkehrs werden Farblichtzeichen verwendet, deren Bedeutung international festgelegt ist: Rot = Halt; Grün = Fahrt freigegeben; Gelb = Achtung, Kreuzung freimachen bzw. freihalten. Die zyklische Folge dieser Signale für jede Fahrrichtung ist gleichbleibend Grün — Gelb — Rot — Grün usw. Diese Signalfolge hat sich gegenüber der bisher meist angewendeten Grün — Gelb — Rot — Gelb —Grün usw. als zweckmäßiger erwiesen, da das Gelbsignal nunmehr eindeutig die bevorstehende Sperrung der zugehörigen Fahrrichtung anzeigt und das vielfach beobachtete und gefahrvolle zu frühe Anfahren von haltenden Fahrzeugen nicht mehr vorkommen kann. Die Signale der sich gefährdenden Fahrrichtungen werden also zeitlich einander derart zugeordnet, daß die Rotsignale einer Richtung jeweils so lange eingeschaltet sind, wie die Grünsignale und Gelbsignale der Querrichtung zusammen. Durch besondere schaltungstechnische Maßnahmen ist dabei unbedingt sichergestellt, daß auch bei Störungen ein gleichzeitiges Erscheinen der Grünsignale der sich gefährdenden Richtungen nicht vorkommen kann.

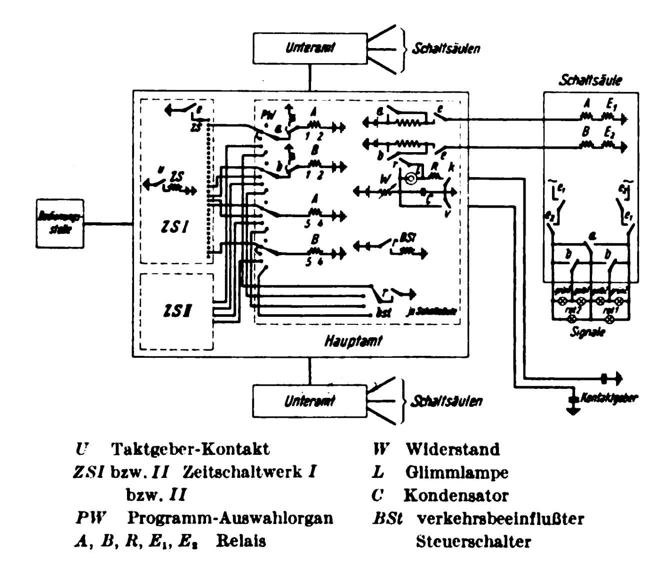
Auch hinsichtlich der Anordnung der Signale erfolgt neuerdings eine Abweichung von den bisherigen Gepflogenheiten. Die Signale werden nicht mehr in einer Ampel, die über der Kreuzungsmitte hängt, vereinigt, sondern sie werden seitlich von den Fahrbahnen in einer Höhe von 2 bis 3 m angeordnet. Dieses hat neben der ästhetischeren Wirkung den Vorteil der besseren Sichtbarkeit für die Fahrzeugführer und der leichteren Wartung. Außerdem können auch die Fußgänger dabei unmißverständliche Signale erhalten. Wegen der 14,5 m breiten Fahrbahnen auf der Ost-West-Achse sollen die Signale hierfür sowohl rechts als auch links auf dem Mittelstreifen aufgestellt werden. Auch die Fußgängersignale für den Verkehr über die Ost-West-Achse sollen auf dem Mittelstreifen wiederholt werden. Bemerkenswert ist, daß die auf dem Mittelstreifen der Ost-West-Achse stehenden Signalmaste mit Unterflur-Steckanschlüssen versehen und so eingerichtet werden, daß sie bei besonderen Anlässen wie Paraden, Aufmärschen usw. leicht entfernt werden können.

Die eingangs erwähnte Sicherstellung eines fließenden Verkehrs auf der Ost-West-Achse setzt eine weitgehende und schnelle Anpassung der Signalsteuereinrichtungen an die wechselnden Verkehrsverhältnisse voraus. Es muß dabei nicht nur möglich sein, die Dauer der einzelnen Signalzeiten für die Haupt- und Querrichtung jederzeit schnell zu verändern, sondern die Grünsignalzeiten für die Durchgangsrichtung müssen auch in den aufeinander folgenden Kreuzungen, so gestaffelt sein, daß die ungehinderte Durchfahrt mit einer bestimmten mittleren Geschwindigkeit durch einen längeren Abschnitt der Ost-West-Achse erreicht wird. Mit Rücksicht auf das während der verschiedenen Tageszeiten verschiedene Verhältnis des stadtein- und -auswärts gerichteten Verkehrs zueinander und mit Rücksicht auf die verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten, die vom Straßenzustand (Regen, Schnee, Glatteis) und der Verkehrsdichte abhängig sind, muß auch die Staffelung der Grünsignalzeiten veränderbar sein. Bei ähnlichen schon ausgeführten Verkehrssignalanlagen hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn etwa zehn verschiedene Regelungsprogramme vorgesehen werden.

Die Forderung der schnellen Anpassungsfähigkeit der Signalsteuereinrichtungen an die wechselnden Verkehrsverhältnisse führt nun dazu, die Steuereinrichtungen in Zentralen zu vereinigen und die Signale von hier aus fernzuschalten. Es ergibt sich daher der in Abb. 1 dargestellte Aufbau der Anlage. An den Kreuzungen befinden sich Schaltsäulen, von denen die Signale, die vom Starkstromnetz gespeist werden, ein-, aus- und umgeschaltet werden. Die Steuerung der hierfür vorgesehenen Relaiseinrichtungen erfolgt über Fernmeldeadern in Abhängigkeit von den in der Zentrale vorhandenen Zeitschaltwerken. Die notwendige Verbindung der Schaltsäulen mit der Zentrale mittels Fernmeldeadern sowie die Verwendung fernmeldetechnischer Bauelemente (Relais, Wähler usw.) für die Zentraleinrichtungen legen

Digitized by Google

es nahe, diese in den Fernsprechämtern der Reichspost unterzubringen und das Fernsprechkabelnetz zu verwenden. Wegen der Längsverteilung der Ost-West-Achsen-Kreuzungen sind drei Steuerzentralen geplant, deren Zeitschaltwerke durch besondere Vorrichtungen zwangsläufig im Gleichlauf gehalten werden. Die Ein- und Ausschaltung der Signale sowie die Auswahl des gewünschten Regelungsprogramms, soweit dies nicht selbsttätig abhängig vom Verkehr erfolgt, wird von einer Bedienungseinrichtung aus vorgenommen, die sich bei der verantwortlichen Dienststelle der Verkehrspolizei befindet. Diese ist mit einer der Zentralen, dem Hauptamt, ebenfalls mittels einiger Fernmeldeadern verbunden. An das Hauptamt sind die übrigen Zentralen, die Unterämter, angeschlossen, die also von der Bedienungseinrichtung über das Hauptamt erreicht werden.



U Taktgeber-Kontakt
ZSI bzw. II Zeitschaltwerk I bzw. II
PW Programm-Auswahlorgan
A, B, R, E_1, E_2 Relais
W Widerstand
L Glimmlampe
C Kondensator
BSt verkehrsbeeinflußter Steuerschalter

Abb. 1. Grundsätzlicher Aufbau der zentralgesteuerten Verkehrssignalanlage.

Zunächst sei nun der Aufbau und die Wirkungsweise der Steuereinrichtungen beschrieben. Jede Schaltsäule ist mit dem nächstgelegenen Amt durch zwei Adern verbunden, in denen je zwei Relais liegen. Zur Einschaltung der Signale werden die Adern an eine 60 V-Gleichspannung (Abb. 1) gelegt. Auf den Ruhestrom sprechen die Relais E_1 und E_2 an und schalten die Netzspannung ein. Da in der Schaltsäule weder Relais A noch B angezogen sind, leuchten die Signale Gelb der Richtung *2* und Rot der Richtung *1*. Die Umschaltung der Signale erfolgt durch Erzeugung von Stromverstärkungen in der a- und b-Ader und das dadurch bedingte Ansprechen der Relais A und B in der Schaltsäule. Ist A durch die Stromverstärkung in der a-Ader angezogen, so werden durch den zugehörigen Kontakt die Signale Rot_1, $Grün_2$ und $Gelb_2$ kurzgeschlossen. Es leuchten daher nur Rot_2 und $Grün_1$, da $Gelb_1$ durch den einen b-Kontakt ebenfalls kurzgeschlossen ist. Wenn jetzt auch das Relais B in der Schaltsäule durch eine Stromverstärkung in der b-Ader anspricht, wird anstatt $Gelb_1$ $Grün_1$ kurzgeschlossen. Es leuchten demnach die Signale $Gelb_1$ und Rot_2. Bei Fortfall der Stromverstärkung in der a-Ader fällt A ab und hebt damit den Kurzschluß über Rot_1 und $Grün_2$ auf, die jetzt aufleuchten. Das Entfallen der Stromverstärkung in der b-Ader schließlich stellt wieder den Anfangszustand dar, wobei die Signale $Gelb_2$ und Rot_1 leuchten. Diese Arbeitsweise wiederholt sich nun ständig. Eine Änderung der Stromverstärkungszeiträume hat also eine entsprechende Änderung der Signalzeiten auf der Kreuzung zur Folge. Die Erzeugung der Stromverstärkungen ist von einem Zeitschaltwerk abhängig, das nunmehr beschrieben werden soll.

Ein Zeitschaltwerk besteht aus einem Drehwähler, dessen Arme in gleichen Zeitabständen t jeweils um einen Schritt fortgeschaltet werden. Die Umlaufzeit des Zeitschaltwerkes T bestimmt sich daher zu $t \times$ Anzahl der Schritte, also z. B. bei $t = 2$ s und 30 Schritten ist $T = 2 \times 30 = 60$ s. Wie aus Abb. 1 hervorgeht, sind nun im Amt die Relais A und B vom Zeitschalter abhängig, und zwar wird durch die Lage der Anschlußpunkte die Schrittzahl, also die Zeitdauer der Stromverstärkungen und damit der Signale bestimmt. Auch die Staffelung der Grünzeiten mehrerer Kreuzungen ist durch entsprechende Anschaltung der verschiedenen Steuerrelais A und B an dem gleichen Zeitschaltwerk gemäß den Erfordernissen einzustellen. Da zwischen die Relais und das Zeitschaltwerk je Kreuzung noch ein Auswahlorgan PW geschaltet ist, können die Signalzeiten leicht verändert und auch, da mehrere Zeitschaltwerke mit verschiedenen Umlaufzeiten vorgesehen sind, letztere verschieden gewählt werden. Die einzelnen Stellungen des Auswahlorgans entsprechen den verschiedenen vorgesehenen Regelungsprogrammen. Da die Zeitschaltwerke alle im gleichen Zeitabstand t fortgeschaltet werden, sich also nur durch die Schrittanzahl unterscheiden, ist es leicht möglich, z. B. durch Vergrößern von t alle Signalzeiten im gleichen Verhältnis schlagartig zu verlängern (bei Gewitterregen).

Außer den Regelungsprogrammen, bei denen die Signalzeiten nur von dem Zeitschaltwerk bestimmt sind, können auch entweder beide Grünzeiten vom Verkehr selbst abhängig gemacht werden oder auch nur eine, während die andere von einem Zeitschaltwerk gesteuert wird. Dieses geschieht durch entsprechende Einstellung des Auswahlorgans, wobei die Arbeitsweise der Relais A und B in der Zentrale von einem der Kreuzung zugeordneten Zeitkreis geregelt wird. Die Beeinflussung dieses Zeitkreises erfolgt selbsttätig durch die Fahrzeuge auf der Kreuzung. Zu diesem Zweck werden in den Fahrbahnen wasserdichte Kontaktgeber eingebaut, die auf den Druck der darüber fahrenden Wagen ansprechen. Sie sind ebenfalls mittels Fernmeldekabeladern mit der Zentrale verbunden und beeinflussen dort den Zeitkreis der zugehörigen Kreuzung. Dieser besteht aus einem Kondensator, einer Glimmlampe und einem Relais. Abhängig von dem vorgeschalteten Widerstand W erfolgt eine mehr oder weniger schnelle Aufladung des Kondensators C. Durch das Relais R fließt kein Strom, da die Glimmlampe unterhalb ihrer Zündspannung stromundurchlässig ist. Hat die Kondensatoraufladung jedoch die Höhe der Zündspannung erreicht, und ist der k-Kontakt geschlossen, so erfolgt die Entladung über die Glimmlampe und R, wobei dieses kurzzeitig anspricht und den Steuerschalter St einen Schritt weiterschaltet. Hiervon werden die Relais A und B wie früher betätigt. Die Kontaktgeber der gesperrten Richtung auf der Kreuzung bewirken das Schließen des k-Kontaktes und bereiten damit eine Umschaltung der Signale vor. Die Kontaktgeber der freien Richtung verursachen impulsmäßige Kurzschlüsse des Kondensators (durch v-Kontakt), so daß die Aufladung vernichtet wird und damit die Zeit bis zur Zündung der Glimmlampe verlängert wird. Auf diese Weise passen sich die Grünzeiten selbsttätig an die jeweils vorhandenen Verkehrsdichten an. Für die Kreuzungen einer Durchgangsstraße wie die Ost-West-Achse ist es zweckmäßig, nur die Grünzeiten für den Querverkehr von den Fahrzeugen beeinflussen zu lassen, um auf der Achse selbst einen Fließverkehr sicherzustellen. Die Kontaktgeber werden daher nur in den Querstraßen etwa 30 m vor den Haltelinien angeordnet. Wo Straßenbahnen vorhanden sind (z. B. Wilmersdorfer Straße), werden an der Oberleitung Fahrdrahtkontakte mit Übertragungsrelais vorgesehen.

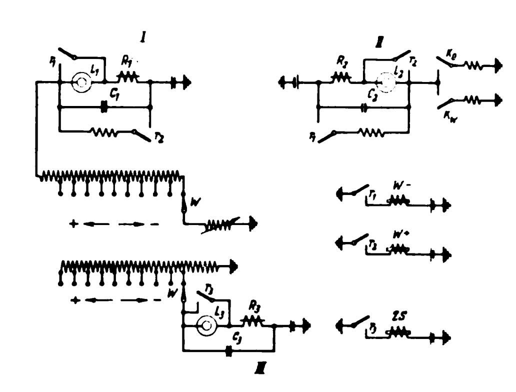
Die Auswahl der Regelungsprogramme für die einzelnen Kreuzungen geht in folgender Weise vor sich. Da jede Kreuzung wie ein Fernsprechanschluß

Digitized by Google

eine dreistellige Kennummer besitzt, erfolgt in der Bedienungsstelle mittels einer Wählscheibe zunächst eine Wahl der gewünschten Nummer. (Die erste Ziffer kennzeichnet das Amt und die beiden nächsten die Kreuzung; ausbaufähig ist daher eine solche Anlage für 1000 Kreuzungen). An Überwachungslampen ist nunmehr erkennbar, ob richtig gewählt wurde und mit welchem Regelungsprogramm die Signale zur Zeit arbeiten. Durch Betätigung einer entsprechenden Taste wird nun das Auswahlorgan *PW* auf das gewünschte neue Regelungsprogramm eingestellt, was wiederum durch ein aufleuchtendes Lämpchen angezeigt wird. In der gleichen Weise wird auch die Ein- und Ausschaltung der Signale vorgenommen. Mit Hilfe von Sammelnummern können auch Kreuzungsgruppen gemeinsam ein-, aus- oder umgeschaltet werden. Der Beamte in der Bedienungsstelle kann sich also jederzeit einen Überblick über die Arbeitsweise der Signale verschaffen und nach einem auf Grund von Beobachtungen aufgestellten Plan jeweils das als zweckmäßig erkannte Regelungsprogramm einschalten. Außerdem besteht aber noch die Möglichkeit, daß bei besonderen Vorkommnissen die Polizeibeamten in den Schaltsäulen auf den Kreuzungen die Fernsteuerung abschalten und die Signale nach ihrem Gutdünken steuern. Vorher wird jedoch zwangsläufig über die Steueradern eine Fernsprechverbindung zwischen Schaltsäule und Bedienungsstelle hergestellt, so daß der dortige Beamte immer über alle Vorkommnisse unterrichtet ist. Gegebenenfalls kann auch ein anderes Regelungsprogramm oder dergl. angefordert werden.

Der Verkehr auf einem Straßenzug wie der Ost-West-Achse weist bestimmte Gesetzmäßigkeiten auf, auf die sich der erwähnte normale Bedienungsplan bezieht. Morgens wird der in die Stadt fließende Verkehrsstrom z. B. stärker sein als der entgegengesetzt fahrende, während abends das Umgekehrte der Fall ist. Im Laufe des Tages kann aber mehrfach der erste Zustand mit dem eines ausgeglichenen Verkehrs oder dem vornehmlich auswärtsgerichteten Verkehr abwechseln. Um nun die Anpassung der Regelungsprogramme an diese verschiedenen wechselnden Zustände möglichst eng zu gestalten, ist es erwünscht, die Auswahl des Regelungsprogramms und den Zeitpunkt der Umschaltung wiederum vom Verkehr selbst vornehmen zu lassen. Zu diesem Zweck werden zwischen den Kreuzungen mit starkem Zu- oder Abgang Abschnitte gebildet (insgesamt 4 oder 5), in denen sowohl der Ost-Verkehr als auch der westwärts gerichtete Verkehr selbsttätig gezählt werden. Die Zählung erfolgt durch mechanisch- oder lichtgesteuerte Kontaktgeber (*Ko* und *Kw*), deren Impulse wiederum über Fernmeldeadern nach der Zentrale übertragen werden. Hier werden selbsttätig laufend die Werte der Verkehrsdichten für die Ost-West- und die West-Ost-Richtung gemessen (*Vo* und *Vw*) und auf elektrischem Wege die Ausdrücke $Vo + Vw = Vg$ (Gesamtverkehrsdichte) und $Vo/Vw = RK$ (Verkehrsrichtungs-Kennziffer) festgestellt. Mit wachsender Gesamtverkehrsdichte wird der Wert t und damit die Umlaufzeit des Zeitschaltwerkes vergrößert. Gleichzeitig mit der dadurch bedingten Verlängerung der Grünzeiten erfolgt auch eine Vergrößerung der Staffelungszeiten. Dieses ist erwünscht, da mit wachsender Verkehrsdichte erfahrungsgemäß auch die Durchschnittsgeschwindigkeit sinkt. Die Verkehrsrichtungs-Kennziffer bestimmt das Regelungsprogramm; bei *RK*-Werten um 1 ist ein Programm wirksam, bei dem keine Verkehrsrichtung bevorzugt ist, bei *RK*-Werten von 2 und größer wird die Fließverkehrsregelung für die Richtung Ost-West eingeschaltet, während bei *RK*-Werten für 0,5 und kleiner die West-Ost-Fließverkehrsregelung einsetzt. Alle diese Vorgänge vollziehen sich vollkommen selbsttätig.

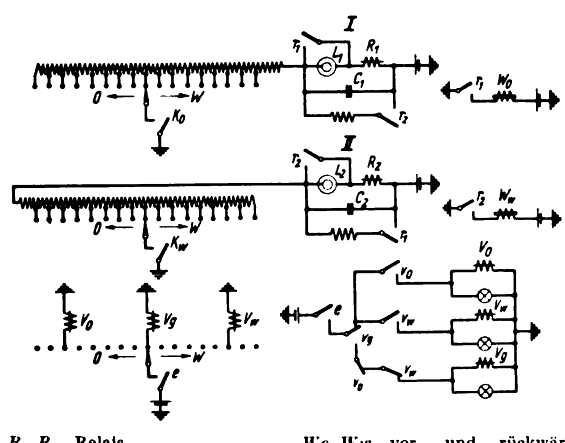
Es sei nunmehr der technische Aufbau der Zähleinrichtungen etwas näher erläutert. Benutzt werden wiederum Kondensator-Glimmlampenstromkreise, die in Verbindung mit besonders gebauten Wählern arbeiten. Diese Wähler besitzen zwei Elektromagnetsysteme, von denen das eine die Kontaktarme in der einen, das andere in der entgegengesetzten Richtung fortschaltet. In dem Kreis *I* spricht das Relais R_1 bei der in Abb. 2 gezeichneten Ruhestellung der Wählerarme in



R_1, R_2, R_3 Relais L_1, L_2, L_3 Glimmlampen C_1, C_2, C_3 Kondensatoren
Ko, Kw Zählkontaktgeber Ost- West- bzw. West-Ost-Richtung
W+, W— vor- und rückwärtslaufender Wähler

Abb. 2. Einrichtung zur selbsttätigen Anpassung der Signalzeiten an den Verkehr.

gleichbleibenden Zeitabständen x an und bewirkt eine Fortschaltung der Wählerarme in Richtung „—" (aber nicht über die 0-Stellung hinaus!). Im Kreis *II* wird der Kondensator durch die Zählimpulse, die alle eine Dauer von etwa 0,2 s haben, aufgeladen. Das Relais R_2 schaltet beim Ansprechen die Wählerarme in der „+"-Richtung weiter.



R_1, R_2	Relais	*Wo, Ww*	vor- und rückwärtslaufender Wähler
L_1, L_2	Glimmlampen	*Vo, Vg, Vw*	Relais zur Einschaltung der Verkehrsregelungsprogramme
C_1, C_2	Kondensatoren	*e*	Einschaltkontakt
Ko, Kw	Zählkontaktgeber Ost-West- bzw. West-Ost-Richtung		

Abb. 3. Einrichtung zur selbsttätigen Auswahl des zweckmäßigen Verkehrsregelungsprogramms.

Da beim Ansprechen eines Kreises jeweils der Kondensator des anderen über einen niedrigen Widerstand entladen wird, werden die Wählerarme bei stärker werdendem Verkehr in der „+"-Richtung, bei geringer werdendem Verkehr in der „—"-Richtung bewegt, je nachdem ob zuerst der Kreis *II* oder der Kreis *I* anspricht. Je weiter dabei die Wählerarme in der „+"-Richtung verschoben werden, um so kleiner wird der Zeitabstand x zwischen zwei Zündungen des Kreises *I*, da der Vorschaltwiderstand immer kleiner wird. Dieses hat zur Folge, daß die Zunahme der Verkehrsdichte immer stärker werden

Digitized by Google

muß, um noch eine Bewegung in der „+"-Richtung hervorzurufen. Auf diese Weise wird erreicht, daß nur eine andauernde beträchtliche Steigerung der Verkehrsdichte und keine vorübergehende Verkehrsspitze die Verlängerung der Zeitschaltwerk-Umlaufzeit bewirkt. Die Vergrößerung von t des Zeitschaltwerkes ZS erfolgt durch Vorschalten weiterer Widerstände im Kreis *III*, von dem das Zeitschaltwerk *ZS* gesteuert wird.

Die Bestimmung des Wertes *RK* und die Programmauswahl ist in Abb. 3 dargestellt. Als Ausgangsstellung des Wählers ist die Stellung bei gleich starker Verkehrsdichte gezeichnet. Das angesprochene Relais *Vg*, das sich nach dem Ansprechen über eine zweite Wicklung hält, hat das entsprechende Regelungsprogramm eingeschaltet. Die Kontaktgeber der beiden Verkehrsrichtungen *Ko* und *Kw* bewirken die impulsmäßige Aufladung der Kondensatoren C_1 und C_2. Je nachdem, welche Verkehrsdichte größer ist, erfolgt das Ansprechen von R_1 oder R_2, wobei die Kondensatoren wiederum wechselseitig entladen werden und damit die Fortschaltung der Wählerarme in der Richtung *O* (Ost) oder *W* (West). Dabei ändern sich nun die Aufladestromkreise derart, daß bei größerem Verkehr in der Ost-Richtung das Ansprechen des Kreise *I* erschwert und das des Kreises *II* erleichtert wird. Auch hierbei muß also ein ausgesprochenes länger dauerndes Übergewicht des einen Verkehrsstromes vorhanden sein, ehe die Umschaltung auf das neue Regelungsprogramm erfolgt. Sind die Wählerarme mehrere Schritte z. B. in der Richtung *O* fortgeschaltet, so spricht das Relais *Vo* an, das sich hält und *Vg* zum Abfall bringt. Hiermit wird das neue Regelungsprogramm (Ost-West-Fließverkehr) wirksam. Mit kleiner werdendem *RK* laufen die Wählerarme in der Richtung *W*, wobei in der Gleichgewichtsstellung *Vg* wieder anspricht und *Vo* abwirft. Die Einschaltung der Fließverkehrsregelung für die West-Ost-Richtung erfolgt beim Ansprechen von *Vw* nach entsprechenden Vorgängen.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß Leitungsstörungen oder dergl. selbsttätig angezeigt werden. Da ferner die Apparate in den Zentralen in leicht auswechselbaren Relaissätzen zusammengefaßt sind und sich die Einrichtungen in geschützten Räumen immer unter fachkundiger Pflege und Aufsicht befinden, wird ein hoher Sicherheitsgrad erreicht.

Die neue Verkehrssignalanlage für die Ost-West-Achse in Berlin wird somit allen Anforderungen hinsichtlich Anpassungsfähigkeit gerecht werden und damit zur Lösung der Aufgabe aller Verkehrsmaßnahmen, nämlich Erhöhung der Sicherheit und Leistung, zu ihrem Teil beitragen.

Zusammenfassung.

Aus der Aufgabenstellung für eine neuzeitliche Verkehrssignalanlage ergibt sich als zweckmäßige Lösung eine zentralgesteuerte Anlage. Hierbei werden die Signale auf den Straßenkreuzungen abhängig von Zeitschaltwerken oder Kontaktgebern in den Fahrbahnen über Fernmeldekabeladern ferngesteuert. Die Schalteinrichtungen sind in den Fernsprechämtern untergebracht und aus den Elementen der Fernsprechtechnik aufgebaut. Besondere Fernzähleinrichtungen bewirken eine ständige Anpassung der Signalumlaufzeiten und des Verkehrsregelungsprogramms an die wechselnden Verkehrserfordernisse.

Die Elektrotechnik auf der Reichsgartenschau Stuttgart 1939.

621.3 : 635 (064)

Dem Besucher der landschaftlich einzigartig angelegten Reichsgartenschau auf dem Stuttgarter „Killesberg" wird es zwar bei einem Rundgang während des hellen Tages kaum sonderlich auffallen, daß „hinter den Kulissen" die elektrische Energieversorgung und die Elektrotechnik mit recht erheblichen Anlagewerten vertreten ist und unsichtbare Hilfsdienste leistet; bei Nacht aber kommt es durch die Beleuchtungseffekte dann doch jedermann zum Bewußtsein, welchen Anteil an der Gesamtwirkung der Reichsgartenschau auch die Elektrotechnik beigesteuert hat.

Das 50 ha große Gelände erforderte eine räumlich recht ausgedehnte und dabei leistungsstarke Stromversorgung. Es wurden deshalb sowohl im Hinblick auf die Belastungsverteilung als auch aus Sicherheitsgründen von vornherein zwei Umspannstellen 10 000/380/220 V im Anschluß an das 10 kV-Netz der Technischen Werke Stuttgart (TWS) eingerichtet. Die größere Umspannstelle mit einer Leistung von 4 × 250 kVA ist im Untergeschoß der Hauptgaststätte untergebracht; sie enthält auch den Transkommandoschalter für die Fernsteueranlage, die später beschrieben wird. Die kleinere Umspannstelle mit 2 × 250 kVA Leistung ist im Haupteingangsgebäude in dessen Untergeschoß eingebaut. Beide Stationen sind in ein 10 kV-Ringkabel eingeschleift und können so von zwei Seiten her mit Energie versorgt werden. Die Kabeleinschleifzellen der beiden Umspannstellen sind mit Hartgas-Leistungstrennschalter ausgerüstet, die sich ihr Druckgas zum Löschen des Lichtbogens auf chemischem Wege selbst erzeugen. Als Hauptschalter der Gesamtanlage ist ein Ölschalter von 200 MVA Abschaltleistung im Zuge der 10 kV-Sammelschiene eingebaut, der Stromwandler-Überstromauslösung besitzt. Die Umspanner sind einzeln über Hartgas-Leistungstrennschalter und Trennschalter mit Hochleistungssicherungen schaltbar; sie besitzen Buchholzschutz, der beim Ansprechen den Leistungstrennschalter auslöst und eine Signalfallklappe betätigt.

Sämtliche sechs Umspanner der beiden Transformatorenstationen arbeiten niederspannungsseitig parallel auf ein in sich vermaschtes 380/220 V-Verteilungskabelnetz. Teilweise wurden für die Hauptstrecken recht erhebliche Querschnitte von 3 × 185/95 mm² und 3 × 150/70 mm² Al verwendet. Für die Absicherung dieses Maschennetzes sind Hochleistungs-Patronensicherungen neuester Bauart mit Querschnittschutz verwendet worden. Im Bereich der Kurzschlußströme haben die Kennlinien dieser Sicherungen für jede Nennstromstärke den gleichen Verlauf; im Bereich der Überlastungsströme gehen die Kennlinien auseinander und gewähren dadurch einen dem jeweiligen Querschnitt des Kabels entsprechenden Überlastungsschutz. Die Baulänge dieses Maschennetzes beträgt rd. 6 km.

Die Hauptverteilerpunkte sind als Verteilerschränke aus Eisenblech ausgeführt, die dem Charakter des Gartengeländes entsprechend entweder in Stützmauern oder in versenkten, aber besteigbaren Schächten untergebracht wurden, damit sie dem Auge des Ausstellungsbesuchers möglichst entzogen sind. In ihrer unteren Hälfte enthalten diese Verteilerschränke die Kabelendverschlüsse der ankommenden und abgehenden Kabel, die Höchstleistungs-Patronensicherungen und die Sammelschiene; in ihrem oberen Teile sind die Stromkreissicherungen der abgehenden Einzelstromkreise für Pumpen und für Effektbeleuchtung sowie die dazugehörigen Cutaxschütze und Transkommandorelais eingebaut.

Die Verteilerpunkte in den Pumpenkammern der Seen sind ebenfalls dem Auge des Beschauers entzogen in Stützmauern eingebaut und als wasserdichte gußgekapselte Verteilungen ausgeführt worden.

Die von den Verteilerpunkten ausgehenden Stromkreiskabel für die Pumpen, die Gelände- und Unterwasser-

Digitized by Google

beleuchtung erreichen eine Baulänge von 21 km; die daran angeschlossenen Leistungen sind: 175 kW Pumpen-, Lüfter- und sonstige Kraftantriebsleistung, 200 kW Geländeeffektbeleuchtung, 48 kW Unterwasserbeleuchtung der Wasserspiele, 65 kW Terrassen, Wege- und Verkehrsbeleuchtung, 180 kW Innenbeleuchtung in den Bauten des Ausstellungsgeländes und 261 kW Elektrowärmeleistung in den Gaststätten, Büros und Ausstellungsständen der Reichsgartenschau.

Über die einzelnen Anlageteile ist kurz folgendes zu berichten:

Die in den Pumpenkammern der Seen eingebauten Kreiselpumpensätze von insgesamt 116 kW Antriebsleistung liefern das Druckwasser für die Wasserspiele. Kanonenstrahlen, Bogenstrahlen, Hochfontänen mit stehendem Strahl und Niederfontänen mit zahlreichen in der Steighöhe wechselnden Strahlen (Pulsierwerke) beleben die Seen bei Tage ganz außerordentlich. Bei Nacht wird diese Wirkung durch eine Scheinwerferbeleuchtung aus 372 Unterwasser- und 21 Überwasser-Scheinwerfern noch gesteigert. Die Beleuchtungsstromkreise der Wasserspiele werden dabei sämtlich mit 48 V Kleinspannung betrieben, weil sich die Scheinwerferarmaturen und deren Gummischlauchzuleitungen ständig unter Wasser befinden.

Die Effektbeleuchtung des Park- und Gartengeländes erfolgt durch 400 weitere Scheinwerfer von je 500 W Lichtleistung mit Normalspannung 220 V; diese wurden sämtlich in den Boden versenkt, so daß sie bei Tage überhaupt nicht und bei Nacht höchstens aus unmittelbarer Nähe als schmale Sichel in seitlicher Verkürzung erkannt werden können. Die Scheinwerfer sitzen in faßartigen, kleinen Holztonnen im Rasen, unter den Baumgruppen und an den Blumenhängen verteilt. Die Beleuchtungskabel für diese Geländebeleuchtung zweigen von den Hauptverteilerpunkten der allgemeinen Stromversorgung ab und führen zu unterirdisch in Betonschächten untergebrachten gußgekapselten Verteilungskästen mit Sicherungen; dort beginnen die einzelnen Scheinwerferstromkreise, die dann über Kabel verhältnismäßig kleinen Querschnittes zu den Scheinwerfern führen. Das Zu- und Abschalten dieser Beleuchtungskabel mit insgesamt 180 Scheinwerfer-Stromkreisen erfolgt durch 40 Cutaxschütze, die nach dem Transkommandoverfahren[2]), also durch Impulse über das Starkstromnetz selbst, mittels Transkommandorelais ferngesteuert werden. Der für die Reichsgartenschau aufgestellte Sender ist für 21 Kommandos gebaut; 19 Kommandos werden z. Z. praktisch benutzt. Der Sender steht in einem Büro des Verwaltungsgebäudes, so daß er bequem zugänglich von einem Angestellten der Ausstellungsleitung durch Betätigen der entsprechend bezeichneten Kommandodruckknöpfe bedient werden kann; dabei lassen sich z. B. alle „Ein“-Kommandos oder alle „Aus“-Kommandos im voraus speichern und laufen dann nach Drücken einer Starttaste selbsttätig nacheinander ab. Die vom Sender gebildeten, für jedes Kommando verschiedenen Zeitabstände der Impulse werden über eine einpaarige Steuerleitung auf den Transkommandoschalter übertragen; bei jedem eintreffenden Steuerimpuls zieht der Transkommandoschalter seinen Schaltstift aus der Kontakttulpe, schließt aber innerhalb $^1/_{25}$ s sofort wieder. Dadurch wird ein Leiter der 10 kV-Sammelschiene vor den Transformatoren für zwei Wechselstromperioden unterbrochen und somit hinter den Umspannern in einem Leiter des gesamten Niederspannungs-Maschennetzes der Reichsgartenschau eine weiche zweiperiodige Spannungssenkung erzeugt. An jeder beliebigen Stelle des Verteilungsnetzes können somit Empfangsrelais eingebaut werden, die auf diese kurzzeitigen Spannungssenkungen ansprechen und die durchgegebenen Schaltbefehle ausführen.

Die Anlage gestattet also, über das Stromverteilungsnetz selbst ohne Verwendung von Steuerleitungen zu beliebiger Zeit und in beliebiger Folge unterschiedliche Schaltbefehle durchzugeben, wobei die Zahl der zur Ausführung eines bestimmten Befehls vorzusehenden Empfangsrelais unbegrenzt ist. Bei der Reichsgartenschau arbeitet die Transkommandoanlage sogar in einem Hochspannungs-Netzteil der TWS, der selbst wieder eine übergeordnete Netz-Transkommandoanlage zur Fernsteuerung von Doppeltarif, Straßenbeleuchtung, Treppenhausbeleuchtung usw. bei den Abnehmern enthält. Trotzdem stören sich die Kommandos der beiden gewissermaßen „hintereinander geschalteten“ Transkommandoanlagen beim täglichen Dauerbetrieb in keiner Weise, weil in der übergeordneten TWS-Netz-Transkommandoanlage der Hochspannungsleiter *T*, in der Reichsgartenschau-Transkommandoanlage dagegen der Hochspannungsleiter *R* getastet wird.

Da die Effektbeleuchtung von Gelände und Wasserspielen die Hauptflächen und Parkräume der Reichsgartenschau weithin ausleuchtet, konnte die Wegbeleuchtung im Innern des Ausstellungsgeländes auf einige wenige kurze Zusatzstrecken beschränkt werden. Dagegen haben selbstverständlich die Zufahrtsstraßen, der große Vorplatz am Haupteingang und die Parkplätze neben dem Eingang lichtstarke Verkehrsbeleuchtung erhalten; dafür wurden Gitterspiegelleuchten mit Quecksilberdampf-Mischlicht (bestehend aus je 1 × Hg 1000 + 1 × 1000 W-Glühlampe) betrieben sowie Breitstrahl-Spezialoptiken, mit 2 × 100 W bestückt, die in Kandelaberleuchten niedriger Bauhöhe eingebaut sind. Die Lichtleistung der Hauptzufahrtsstraßen samt Vorplatz vor dem Haupteingang beträgt 33,1 kW auf 2,54 km Straßenlänge, entspricht also einem mittleren spezifischen Wert von rd. 13 W/m Weglänge.

Auch die Innenräume der zahlreichen Ausstellungshallen, die monumentale Ehrenhalle und die weiträumigen Gaststätten haben der Lichttechnik ein weiteres Anwendungsfeld geboten. In den Innenräumen der Ausstellungsbauten sind insgesamt 180 kW Lichtanschlußwert installiert.

Die Terrassen der mehrere 1000 Personen fassenden Gaststätten, ein Tanzgarten mit großer Weinlaube und ein freilichtbühnenähnlicher Vorführgarten gaben Gelegenheit zum Einbau entsprechend abgestimmter Spezialleuchten; hierfür sind weitere rd. 40 kW Lichtleistung eingebaut worden, die an schönen Sommerabenden die festliche Stimmung im weiten Gartengelände noch erhöhen.

Auch die Elektrowärme fehlt nicht auf der Reichsgartenschau; das Höhencafé und das KdF-Verpflegungszelt haben vollelektrische Kücheneinrichtung erhalten, ersteres mit 96,5 kW, letzteres mit 90 kW Elektrowärmeleistung; auch die NS-Frauenschaft arbeitet auf der Aussichtshöhe des Killesberges in ihrer dortigen Lehrschau ausschließlich mit elektrischen Geräten von 42,5 kW Wärmeleistung. Zahlreiche kleinere Kochplatten und Raumheizöfen mit 32 kW Heizleistung sind von einzelnen Ausstellern und Büros in Betrieb genommen worden, vor allem in den kühlen Tagen der Übergangszeit des April und Anfang Mai. Die Elektrowärme ist im ganzen mit 261 kW Leistung auf der Reichsgartenschau vertreten.

Daß auch die Kühlanlagen aller Gaststätten des Ausstellungsgeländes elektrisch betrieben werden, versteht sich von selbst.

Auch die Fernmeldetechnik ist auf der Reichsgartenschau vertreten. Ein Fernmeldenetz von 7 km verlegter Kabellänge ermöglicht den Betrieb einer Fernsprechanlage mit 50 Nebenstellen, einer Uhrenanlage mit elf Nebenuhren, einer Feuermeldeanlage mit drei Haupt- und vier Nebenmeldern sowie acht Lautsprecheranlagen mit insgesamt 38 Lautsprechern, teils in den Innenräumen, teils im Gelände verteilt.

Der monatliche Stromverbrauch der Reichsgartenschau beträgt etwa 225 000 kWh und fällt naturgemäß ausschließlich in die Sommermonate; die Benutzungszeit ist verhältnismäßig hoch; sie beträgt monatlich 350 h der gemessenen gleichzeitigen Höchstlast.

E. Jacob VDE, Stuttgart.

[2]) F. Krautwig, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 147; E. Jacob, AEG-Mitt. (1939) H. 6, S. 286.

Digitized by Google

Schutzmaßnahmen beim Arbeiten unter Spannung in Netzen und Stationen.

DK 621.315.177 + .29.004.2

Die behandelten Fragen sind aus mehreren Gründen in besonderem Maße zeitgemäß und fügen sich in die allgemeinen Aktionen ein, die gegenwärtig für den Schutz gegenüber den Unfallgefahren durchgeführt werden.

Den Ausführungen liegen die Netzverhältnisse der Berliner Kraft- und Licht(Bewag)-Aktiengesellschaft zugrunde. Sie beschränken sich auf die elektrischen Betriebsgefahren. Grundlegend sind die VDE-Vorschriften, insbesondere die Betriebsvorschriften (VBS, letzte Ausgabe 1936). Diese bestimmen, daß Arbeiten unter Spannung vermieden werden sollen. In Hochspannungsanlagen dürfen sie nur in Notfällen ausgeführt werden, in Niederspannungsanlagen darf nur unter Spannung gearbeitet werden, wenn ein Abschalten nicht angängig ist, d. h. wenn sehr viele oder wichtige Verbraucher durch die Abschaltung spannungslos würden. In Hochspannungsanlagen der Bewag wird grundsätzlich und ausnahmslos nicht unter Spannung gearbeitet, dagegen wird bei Niederspannungsanlagen von den Möglichkeiten, die die VDE-Vorschriften bieten, Gebrauch gemacht, da in städtischen Netzen das Abschalten auch kürzerer Leitungsstrecken nicht möglich ist, ohne zahlreiche Abnehmer abzuschalten. Dabei wird unterschieden zwischen Arbeiten in der Nähe spannungführender Anlageteile und Arbeiten an spannungführenden Anlageteilen (nur in Niederspannungsanlagen).

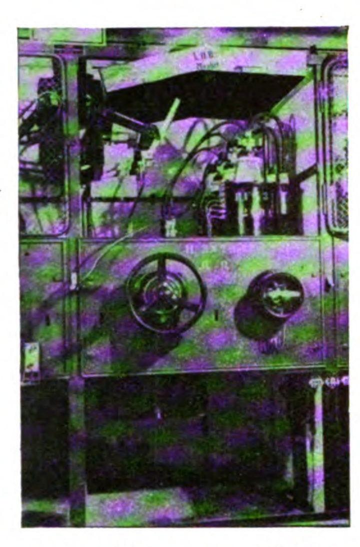


Abb. 1. Abdeckung spannungführender Teile einer Hochspannungs-Station durch ein Schutzbrett.

Die häufigsten Arbeiten in Hochspannungsanlagen sind die Schaltungen. Auch hier sind gewisse Schutzmaßnahmen notwendig. Schaltungen dürfen nur von Facharbeitern durchgeführt werden.

Bei Arbeiten in Hochspannungsanlagen ist vor allem die Herstellung und Sicherung des spannungsfreien Zustandes erforderlich. Nach dem Abschalten ist stets die Nachprüfung auf Spannungslosigkeit durchzuführen. Die Bewag hat hierfür genaue Vorschriften herausgegeben. Für 6 kV verwendet die Bewag besondere Schutzbretter, die zur Abdeckung spannungführender Anlagen dienen, in deren Nähe gearbeitet werden muß. Sie müssen dem Aufbau der jeweiligen Anlage angepaßt sein (Abb. 1).

Abb. 2. Abdeckung spannungführender Niederspannungsteile durch Gummitücher.

Das Arbeiten in Niederspannungsanlagen ist nicht weniger gefährlich als das in Hochspannungsanlagen, vor allem in Netzen mit hohen Kurzschlußströmen. Man sollte daher für Arbeiten in Niederspannungsanlagen in gleichem Maße Schutzmaßnahmen anwenden wie in Hochspannungsanlagen. Die häufigste Arbeit ist das Schalten mit Sicherungen. Die beengten Verhältnisse ergeben hier das besondere Gefahrenmoment, vor allem in unterirdischen Verteilungskästen. Die Bewag hat bestimmte Schutzmittel ausgearbeitet. Insbesondere sind dies Abdeckungen, die meist durch Gummitücher ausgeführt werden (Abb. 2). Als Gesichtsschutz hat die Bewag für Arbeiten an unterirdischen Schaltkästen Zellonschirme mit entsprechender Formgebung eingeführt, die an die Sicherungskästen angehängt werden (Abb. 3).

Abb. 3. Gesichtsschutz für das Arbeiten an unterirdischen Verteilerkästen.

Bei Arbeiten an Kabeln besteht oft die Schwierigkeit, das abgeschaltete Kabel an der Arbeitsstelle im Kabelgraben herauszufinden, insbesondere dann, wenn viele Kabel in einem Graben liegen. Besteht Unsicherheit, so wird in jedem Falle ein Kabelsuchgerät verwendet. Außerdem wird das Kabel oder die Muffe vor dem Freilegen der Leiter durch einen Zipp-Prüfer für Hochspannung und dann mit einer 500 V-Prüflampe geprüft, die man durch Durchstechen der Kabelisolation an die Kabeladern anlegt. Das Aufschneiden der Kabel wird mit einer isolierten Säge vorgenommen, deren Sägeblatt geerdet ist.

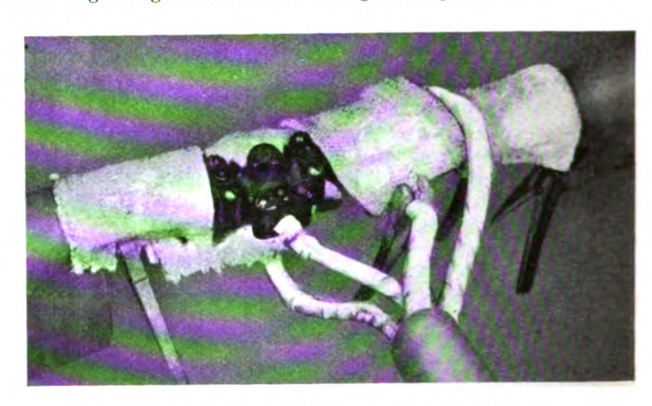


Abb. 4. Herstellen eines Hausanschluß-Abzweiges unter Spannung.

Die Ausführungen über Arbeiten an spannungführenden Anlageteilen beschränken sich in erster Linie auf Montagearbeiten an Niederspannungskabeln und -Freileitungen unter Spannung, insbesondere wurde die Montage von Verbindungs- und Hausanschlußmuffen unter Spannung erörtert. Die Kabel werden vorher schwach abgesichert. An Schutzmitteln werden vor allem Gummi- und Asbest-Abdeckungen verwendet. Die Arbeiten werden nach streng vorgeschriebenen Regeln durchgeführt, die von dem Grundsatz ausgehen, daß stets nur blanke Metallteile gleichen Potentials offen liegen. Selbst Lötungen (Abb. 4) und Schweißungen von Aluminium-Verbindungen (Abb. 5) werden unter Spannung

[1]) Möllinger, Vortrag gehalten von dem VDE Bezirk Ostpreußen am 9. 1. 1939.

Digitized by Google

vorgenommen. Dabei werden dann an Stelle der Gummiabdeckungen Asbestabdeckungen benutzt.

Bei Arbeiten unter Spannung an Freileitungen ist es weniger die Gefahr des Lichtbogens, die zu befürchten ist, als die Gefahr, daß der Monteur an Spannung kommt. Hier muß

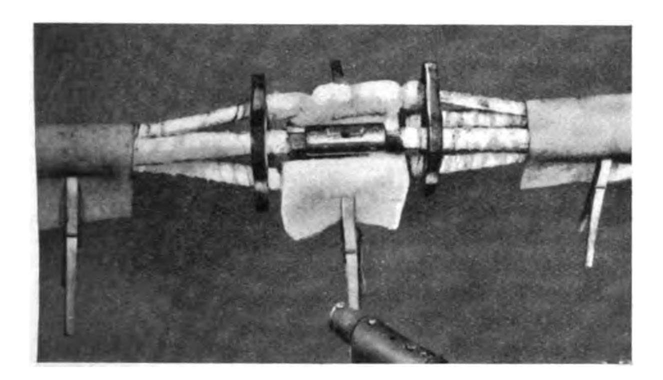


Abb. 5. Herstellen einer Verbindungsmuffe unter Spannung.

also besonders streng darauf gesehen werden, daß das An-Spannung-kommen verhütet wird. Als Schutzmittel dienen Gummiabdeckungen; außerdem wird ein Spezialkurzschlußseil verwendet.

Die Schutzmaßnahmen (Abb. 6) bei der Herstellung von Hausanschlüssen und bei der Verlängerung vorhandener Leitungen wurden im Vortrag eingehend beschrieben. Sowohl die

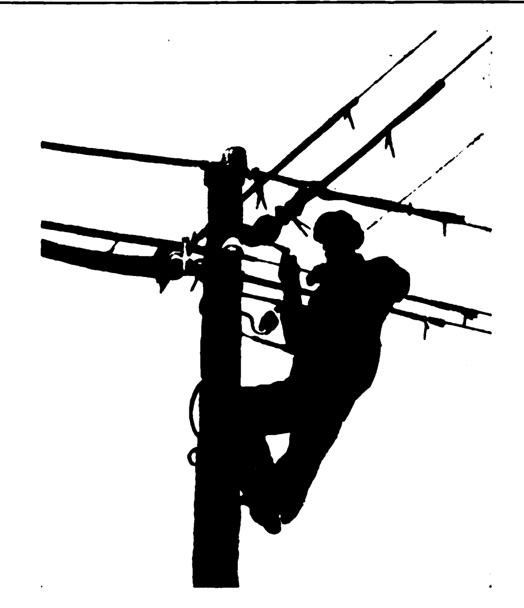


Abb. 6. Montagearbeiten an einer Niederspannungsfreileitung unter Spannung.

Schutzeinrichtungen, als auch die Reihenfolge ihrer Anwendung sind genau vorgeschrieben. Als Grundsatz gilt, daß auch hier niemals Metallteile verschiedenen Potentials gleichzeitig freiliegen dürfen. *eb.*

Das Anlaufmoment eines Einphaseninduktionsmotors mit ungleicher Verteilung von Haupt- und Hilfsphase.

Von Tom Schmitz VDE, Dresden.

DK 621.313.333.025.1 : 621.3.016.2-584

Übersicht. **Im Anschluß an einen früheren Aufsatz, in dem das Anzugsmoment eines Einphasenmotors mit gleicher Verteilung von Haupt- und Hilfsphase berechnet wurde, werden Formeln für den allgemeinen Fall ungleicher Verteilung der beiden Phasen entwickelt.**

In meinem früheren Aufsatz[1]) habe ich Formeln für das Anzugsmoment eines Einphasenmotors mit Hilfsphase, die die gleiche Verteilung wie die Hauptphase hatte, entwickelt. Ich habe hierbei den Anlauf sowohl mit Kondensator als auch mit Drossel und mit Widerstand berücksichtigt. Bei diesen letzten beiden Anlaufverfahren ist aber die Ausführung mit gleicher Verteilung beider Phasen nicht üblich, da die Hilfsphase nur während der kurzen Anlaufzeit benutzt wird und daher schwächer, d. h. mit weniger Kupfer als die Hauptphase ausgeführt werden kann. In nachfolgendem sollen deshalb die Formeln meines früheren Aufsatzes für den Fall beliebiger Verteilung von Haupt- und Hilfsphase erweitert werden.

Wir nehmen zunächst wieder einen Kondensator in der Hilfsphase an. Die Kurzschlußimpedanz der Hauptphase nennen wir Z_x und die in der Hilfsphase Z_y ohne die Einschränkung, daß $Z_y = v^2 Z_x$ sein soll. Der Kurzschlußwinkel in der Hauptphase sei φ_x und in der Hilfsphase φ_y. Den in meinem früheren Aufsatz verwendeten Index k habe ich diesmal als überflüssig weggelassen, da sich alle Größen voraussetzungsgemäß auf den Stillstand, d. h. Kurzschluß, beziehen. Wir erhalten dann wiederum vier Gleichungen:

$$\mathfrak{U}_c = \mathrm{j}\, X_c\, \mathfrak{J}_y \quad (1)$$

$$\mathfrak{J}_x = -\frac{\mathfrak{U}_x\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\,\varphi_x}}{Z_x} \quad (2)$$

$$\mathfrak{J}_y = -\frac{\mathfrak{U}_y\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\,\varphi_y}}{Z_y} \quad (3)$$

$$\mathfrak{U}_c = \mathfrak{U}_x - \mathfrak{U}_y. \quad (4)$$

$I\mu_0$ Magnetisierungsstrom im Leerlauf

$I\mu_k$ Magnetisierungsstrom im Kurzschluß

$\frac{cd}{bc} = \tau_1$ primärer Heylandscher Streukoeffizient

Abb. 1. Stromdiagramm des allgemeinen Transformators.

Vektoren werden bekanntlich nach DIN 1303 durch Frakturbuchstaben gekennzeichnet. In meinem früheren Aufsatz glaubte ich hiervon absehen zu können, es hat dies aber doch zu Mißverständnissen geführt. X_c, Z_x und Z_y in den obigen Gleichungen sind demnach reelle Beträge.

Das Übersetzungsverhältnis der Ströme in der Hauptphase nennen wir $\ddot{u}_x$ und in der Hilfsphase $\ddot{u}_y$. Hierbei wollen wir den Begriff der Übersetzung etwas anders fassen als früher. Wir hatten gesetzt $\ddot{u} = \frac{S_1\, \xi_1}{S_2\, \xi_2}$, jetzt wollen wir setzen $\ddot{u} = \frac{S_1\, \xi_1}{S_2\, \xi_2}\, \varepsilon$, wobei ε das aus dem Stromdreieck (Abb. 1) zu entnehmende Verhältnis I_2' zu I_1 ist. Früher hatten wir den Magnetisierungsstrom ver-

[1]) T. Schmitz, ETZ 59 (1938) S. 1401. Leider sind in diesem Aufsatz einige Fehler stehengeblieben, die hiermit berichtigt werden: In Gl. (3) fehlt das Minuszeichen; in Gl. (6) und (7) muß im Zähler U_x statt U_k stehen; in Gl. (8) muß es $\frac{\Phi_x}{10^6}$ heißen; weiter unten lautet die Gleichung $\Phi_x = k\, U_x\, \mathrm{e}^{\mathrm{j}\,(90 - \varphi_k)}$; in Gl. (10) muß X_c statt k_c im Nenner und p statt y im Zähler stehen; in der letzten Zeile auf S. 1402 links muß X_c statt X_e und rechts oben in Zeile 6 U_x statt U_a stehen. In der Fußnote auf S. 1402 fehlt im Nenner der Formel für U_y eine 2.

Digitized by Google

nachlässigt, doch dies kann unter Umständen zu erheblichen Fehlern führen. Es ist notwendig, auf den Begriff der Übersetzung noch etwas näher einzugehen. Wir hatten uns in dem früheren Aufsatz eine Käfigwicklung durch eine in zwei Achsen kurzgeschlossene Gleichstromwicklung ersetzt gedacht, deren Wickelfaktor bekanntlich $2/\pi$ ist.

In einer solchen Wicklung führt jeder Stab den gleichen Strom und für diesen Fall galt auch die Drehmomentformel (8) mit der Zahl $4355 = \pi \cdot \sqrt{2} \cdot 981$ im Nenner. Tatsächlich sind die Stabströme eines von einem räumlich sinusförmig verteilten Felde einachsig erregten Käfigs sinusförmig am Umfang verteilt. Bei beliebig verteiltem Felde gilt dasselbe, wenn nur die Grundwelle berücksichtigt wird. Im Nenner der Drehmomentformel steht dann die Zahl $5555 = 4 \cdot \sqrt{2} \cdot 981$ und im Zähler ist der Effektivwert des höchsten Stabstromes einzusetzen. Dieser Höchststrom ergibt sich aus dem Primärstrom nach der Formel

$$I_{2\max} = I_1 \frac{S_1}{S_2} \cdot 1{,}65, \tag{5}$$

wenn die Ständerwicklung $^2/_3$ des Umfanges bedeckt, und

$$I_{2\max} = I_1 \frac{S_1}{S_2} \cdot 1{,}9, \tag{6}$$

wenn die Ständerwicklung ⅓ des Umfanges bedeckt. Man erhält dieses Übersetzungsverhältnis aus den Amplituden der Grundwellen der primären und sekundären Feldkurve. Die Amplitude der Grundwelle ist für die:

$$\text{⅔-Wicklung } \frac{6 \cdot \sqrt{3}}{\pi^2} \frac{S_1}{2} \frac{I_1 \sqrt{2}}{2\,p} \text{ AW je Pol,} \tag{7}$$

$$\text{⅓-Wicklung } \frac{12}{\pi^2} \frac{S_1}{2} \frac{I_1 \sqrt{2}}{2\,p} \text{ AW je Pol,} \tag{8}$$

einachsig gespeiste Gleichstromwicklung

$$\frac{8}{\pi^2} \frac{S_2}{2} \frac{I_2 \sqrt{2}}{2\,p} \text{ AW je Pol,} \tag{9}$$

Käfigwicklung mit räumlich sinusförmig verteiltem Strom

$$\frac{2}{\pi} \frac{S_2}{2} \frac{I_{2\max} \sqrt{2}}{2\,p} \text{ AW je Pol.} \tag{9}$$

$I_{2\max}$ ist der Effektivwert des größten Stabstromes.

Damit die äquivalente Gleichstromwicklung die gleichen Verluste wie die Käfigwicklung ergibt, ist der Stabwiderstand der Gleichstromwicklung zu 81 % des Widerstandes eines Käfigstabes plus Ringanteil anzunehmen. Die Zahl $0{,}81 = \left(\frac{2}{\pi} \sqrt{2}\right)^2$ ist das Quadrat des Verhältnisses des räumlichen Effektivwertes der Käfigströme zum Strom im Gleichstromanker bei gleicher Amplitude der Grundwellen. Das Verhältnis des sekundären Nutzflusses Φ_x zu U_x hatten wir früher k genannt. Wir bezeichnen es jetzt mit k_x, und mit k_y das Verhältnis Φ_y/U_y. Wir erhalten dann:

$$\dot{\Phi}_x = \mathrm{j}\, k_x\, \mathfrak{U}_x\, e^{-\mathrm{j}\,\varphi_x} \tag{11}$$

$$\dot{\Phi}_y = \mathrm{j}\, k_y\, \mathfrak{U}_y\, e^{-\mathrm{j}\,\varphi_y}. \tag{12}$$

Für eine Käfigwicklung im Läufer ergibt sich, wenn f die Frequenz bedeutet:

$$k_x = \frac{\ddot{u}_x R_{\text{Stab}}}{Z_x 2{,}22\, f\, 10^{-8}} = \frac{\ddot{u}_x R_{\text{Stab}} 0{,}45}{Z_x f\, 10^{-8}} \tag{13}$$

und

$$k_y = \frac{\ddot{u}_y R_{\text{Stab}}}{Z_y 2{,}22\, f\, 10^{-8}} = \frac{\ddot{u}_y R_{\text{Stab}} 0{,}45}{Z_y f\, 10^{-8}} \tag{14}$$

$$\text{mit } \ddot{u} = 1{,}65 \frac{S_1}{S_2} \varepsilon \text{ für eine ⅔-Wicklung} \tag{15}$$

$$\text{und } \ddot{u} = 1{,}9 \frac{S_1}{S_2} \varepsilon \text{ für eine ⅓-Wicklung.} \tag{16}$$

Nehmen wir eine äquivalente Gleichstromwicklung im Läufer an, so wird

$$k_x = \frac{\ddot{u}_x R_{\text{Stab}} 0{,}81}{Z_x 2{,}22 \cdot 0{,}636\, f\, 10^{-8}} = \frac{\ddot{u}_x R_{\text{Stab}} 0{,}575}{Z_x f\, 10^{-8}} \tag{17}$$

$$k_y = \frac{\ddot{u}_y R_{\text{Stab}} 0{,}81}{Z_y 2{,}22 \cdot 0{,}636\, f\, 10^{-8}} = \frac{\ddot{u}_y R_{\text{Stab}} 0{,}575}{Z_y f\, 10^{-8}} \tag{18}$$

$$\text{mit } \ddot{u} = 1{,}3 \frac{S_1}{S_2} \varepsilon \text{ für eine ⅔-Wicklung} \tag{19}$$

$$\text{und } \ddot{u} = 1{,}5 \frac{S_1}{S_2} \varepsilon \text{ für eine ⅓-Wicklung.} \tag{20}$$

Die $\ddot{u}$-Werte der äquivalenten Gleichstromwicklung verhalten sich zu den $\ddot{u}$-Werten des Käfigs wie:

$$\frac{1{,}3}{1{,}65} = \frac{1{,}5}{1{,}9} = \frac{0{,}79}{1} = \frac{\pi}{4}. \tag{21}$$

Mit Hilfe der Formeln (1) bis (4) und, indem wieder $\gamma = \frac{Z_y}{X_c}$ eingeführt wird, erhält man, wenn man mit dem äquivalenten Gleichstromanker rechnet,

$$M_d = \frac{S_2\, p\, U_x^2\, 2 \cdot 10^{-6} R_{\text{Stab}} 0{,}575\, \ddot{u}_x \ddot{u}_y}{4355\, f\, 10^{-8} Z_x Z_y} \frac{[\gamma^2 \sin(\varphi_x - \varphi_y) + \gamma \cos \varphi_x]}{(1 + \gamma^2 - 2\gamma \sin \varphi_y)}. \tag{22}$$

Für die Käfigwicklung ist im Nenner 5555 zu setzen, ferner 0,45 an Stelle von 0,575 und $\frac{\ddot{u}_x \ddot{u}_y}{0{,}79^2}$ an Stelle von $\ddot{u}_x \ddot{u}_y$.

Die Zahlenwerte sind durch Zusammenziehung folgender einzelner Koeffizienten entstanden:

$$\left.\begin{aligned} 4355 &= \pi \sqrt{2} \cdot 981 \\ 5555 &= 4 \sqrt{2} \cdot 981 \\ 0{,}575 &= \frac{0{,}81}{2{,}22 \cdot 0{,}636} = \frac{4 \cdot \sqrt{2}}{\pi^2} \\ 0{,}45 &= \frac{\sqrt{2}}{\pi} \\ 0{,}79 &= \frac{\pi}{4}. \\ \text{Es ist also} \quad \frac{4355}{0{,}575} &= \frac{981\, \pi^3}{4} \\ \text{und} \quad \frac{5555 \cdot 0{,}79^2}{0{,}45} &= \frac{981\, \pi^3}{4}. \end{aligned}\right\} \tag{23}$$

Beide Werte sind gleich, so daß die Berechtigung mit einer äquivalenten Gleichstromwicklung zu rechnen auch hier erwiesen ist.

Die Momentenformel für Anlauf mit Drossel ergibt sich aus Formel (22), indem $-\gamma$ an Stelle von γ gesetzt wird. Man erhält also:

$$M_d = \frac{S_2\, p\, U_x^2 R_{\text{Stab}} \ddot{u}_x \ddot{u}_y}{38{,}0\, f\, Z_x Z_y} \frac{[\gamma^2 \sin(\varphi_x - \varphi_y) - \gamma \cos \varphi_x]}{(1 + \gamma^2 + 2\gamma \sin \varphi_y)}. \tag{24}$$

γ ist in diesem Fall $= Z_y/X_d$.

Um die Formel für Anlauf mit Widerstand zu erhalten, muß an Stelle der Gl. (1) die Gleichung

$$U_2 = -R\, I_y \tag{1a}$$

gesetzt werden. Man erhält dann:

$$M_d = \frac{S_2\, p\, U_x^2 R_{\text{Stab}} \ddot{u}_x \ddot{u}_y}{38{,}0\, f\, Z_x Z_y} \frac{[\gamma^2 \sin(\varphi_x - \varphi_y) + \gamma \sin \varphi_x]}{(1 + \gamma^2 + 2\gamma \cos \varphi_y)}. \tag{25}$$

γ ist in diesem Fall $= Z_y/R$.

Wird der Widerstand R oder der Blindwiderstand X_c bzw. X_d in die Impedanz der Hilfsphase mit einbezogen, so ist $\gamma = \infty$ zu setzen, und man erhält die Drehmomentformel

$$M_d = \frac{S_2\, p\, U_x^2 R_{\text{Stab}} \ddot{u}_x \ddot{u}_y \sin(\varphi_x - \varphi_y)}{38{,}0\, f\, Z_x Z_y}. \tag{26}$$

Z_y und φ_y haben in diesem Fall natürlich andere Werte als bei Benutzung der Gl. (22), (24) und (25).

Digitized by Google

Die Gl. (22), (24), (25) und (26) sind alle unter Annahme einer äquivalenten Gleichstromwicklung aufgestellt. Für $\ddot{u}$ ist also $1{,}3\, S_1/S_2\, \varepsilon$ zu setzen, wenn die Primärwicklung ⅔ des Umfanges bedeckt und $\ddot{u} = 1{,}5\, S_1/S_2\, \varepsilon$ bei ⅓ Bedeckung. Bei anderen Werten der Bedeckung zeigt Abb. 2 den Übersetzungsfaktor.

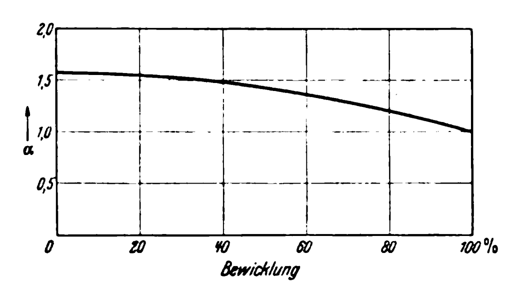


Abb. 2. Übersetzungsfaktor α für einen teilweise bewickelten einphasigen Ständer mit Gleichstromanker bei unendlich feiner Nutteilung.

$$\ddot{u} = \alpha \frac{S_1}{S_2} \varepsilon, \quad \varepsilon = \frac{I_2'}{I_1}.$$

Einen dreiphasigen Schleifringanker kann man sich auch durch einen in zwei Achsen kurzgeschlossenen Gleichstromanker ersetzt denken. Es gelten dann für das Drehmoment die Gleichungen (22), (24), (25) und (26), doch ist der Stabwiderstand des Gleichstromankers hier nicht $= 0{,}81\, R_{\text{Stab}}$, sondern $= 1{,}11\, R_{\text{Stab}}$. Im Zähler der Gl. (22) steht daher 0,79 statt 0,575, und im Nenner der Gleichungen (24), (25) und (26) steht 27,7 statt 38,0.

Bei gleicher Verteilung der beiden Phasen hatten wir früher gefunden, daß das Maximum des Anzugsmomentes bei $\gamma = 1$ auftritt. Bei ungleich verteilten Phasen liegen die Verhältnisse nicht so einfach. Das γ für maximales Moment ergibt sich bei Verwendung eines Kondensators aus der Gleichung:

$$\gamma^2 [2 \sin \varphi_y \sin (\varphi_x - \varphi_y) + \cos \varphi_x] - 2\gamma \sin (\varphi_x - \varphi_y) - \cos \varphi_x = 0. \qquad (27)$$

Bei Verwendung einer Drossel aus:

$$\gamma^2 [2 \sin \varphi_y \sin (\varphi_x - \varphi_y) + \cos \varphi_x] + 2\gamma \sin (\varphi_x - \varphi_y) - \cos \varphi_x = 0. \qquad (28)$$

Bei Verwendung eines Widerstandes aus:

$$\gamma^2 [2 \cos \varphi_y \sin (\varphi_x - \varphi_y) - \sin \varphi_x] + 2\gamma \sin (\varphi_x - \varphi_y) + \sin \varphi_x = 0. \qquad (29)$$

Wenn die Verteilung der Wicklungen und die Nutfüllungen festliegen, so sind φ_x und φ_y gegeben. Setzt man die Zahlenwerte in obige Gleichungen ein, so ist γ für das maximale Anzugsmoment leicht zu bestimmen.

Die bisher abgeleiteten Drehmomentformeln gelten unter der Annahme, daß die Sekundärströme in beiden Wicklungen ungefähr phasengleich sind. Trifft dies nicht mehr zu, so ändern sich die Klammerausdrücke in den Zählern der Gleichungen (22), (24), (25) und (26) wie folgt:

$$\gamma^2 \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2}) + \gamma \cos (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2} - \varphi_y) \qquad (22\text{a})$$

$$\gamma^2 \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2}) - \gamma \cos (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2} - \varphi_y) \qquad (24\text{a})$$

$$\gamma^2 \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2}) + \gamma \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2} - \varphi_y) \qquad (25\text{a})$$

$$\sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2}). \qquad (26\text{a})$$

Ferner ändern sich die Bestimmungsgleichungen für γ bei maximalem Moment in:

$$\gamma^2 [2 \sin \varphi_y \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2}) + \cos (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2} - \varphi_y)] - 2\gamma \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2}) - \cos (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2} - \varphi_y) = 0 \qquad (27\text{a})$$

$$\gamma^2 [2 \sin \varphi_y \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2}) + \cos (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2} - \varphi_y)] + 2\gamma \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2}) - \cos (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2} - \varphi_y) = 0 \qquad (28\text{a})$$

$$\gamma^2 [2 \cos \varphi_y \sin (x_2 - \varphi_{y_2}) - \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2} - \varphi_y)] + 2\gamma \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2}) + \sin (\varphi_{x_2} - \varphi_{y_2} - \varphi_y) = 0. \qquad (29\text{a})$$

Hier sind φ_{x_2} und φ_{y_2} die Winkel, die die Sekundärströme mit den zugehörigen Phasenspannungen bilden, während die Winkel φ_x und φ_y ohne Zahlenindex die Kurzschlußwinkel der Primärströme sind. Die Winkel φ_{x_2} und φ_{y_2} können dem Stromdreieck der betreffenden Phase entnommen werden, sobald der Kurzschlußstrom I_1 und der Magnetisierungsstrom I_{μ}, durch Rechnung oder Messung ermittelt sind.

Zusammenfassung.

Unter Verwendung der Größe γ, die das Verhältnis der Impedanz der Hilfsphase zum vorgeschalteten Blind- oder Wirkwiderstande angibt, läßt sich auch im allgemeinen Fall eine einfache Formel für das Anzugsmoment des Einphasenmotors aufstellen. Der häufig angewendete Kunstgriff, einen Käfiganker durch einen äquivalenten Gleichstromanker zu ersetzen, führt auch im vorliegenden Fall zum richtigen Ergebnis.

Ein halbes Jahrhundert Trockenelemente.

Von K. Arndt VDE, Berlin.

DK 621.352.7(09)

Übersicht. Wie sich die Fabrikation großer und kleiner Zink-Kohle-Elemente mit verdicktem Elektrolyten entwickelt hat, wird an Hand der Veröffentlichungen in der ETZ, der Fachbücher und persönlicher Erinnerungen geschildert.

In der ETZ wurde zuerst 1887 ein „trockenes" Element erwähnt. Dies Element von Pollack und Nawrocki (DRP. 35 398) enthielt einen „feuchten" Leiter, eine Gallerte aus Gelatine, Wasser und Salizylsäure. Vom gleichen Jahre an wurden im Fernsprechbetrieb der Deutschen Reichspost Trockenelemente verwendet. Freilich waren schon viele Jahre vorher im englischen Telegraphendienst Zink-Kupfer-Elemente in Gebrauch, welche mit Schwefelsäure getränkten Sand enthielten und in einem französischen Zink-Braunstein-Element war die Salmiaklösung von Asbestfasern oder Glaswolle aufgesogen.

Das von der Reichspost eingeführte Trockenelement wurde von Gaßner hergestellt (DRP. 45 251 vom 8.11.1887). Um den bei der Stromlieferung am Kohlepol abgeschiedenen Wasserstoff durch Oxydation zu Wasser unschädlich zu machen, benutzte er anfangs als „Depolarisator" Eisenhydroxyd, welches sich bei der Berührung der mit Eisenchlorid getränkten Kohle mit der „Erregermasse" (Stärkemehl, das mit Natronlauge angerührt war) bildete. Bald kehrte er zu dem bei nassen Elementen bewährten Braunstein (Mangandioxyd) und Salmiak (Chlorammonium) zurück und verdickte die konzentrierte Lösung mit Gips. Das Zink ist gleichzeitig Gefäß. Andere Verdickungsmittel waren in jenen Zeiten Agar-Agar, Tragant, Sägemehl, Kieselgur. Damit die Paste feucht blieb, wurden wasseranziehende Salze, wie Chlorzink und Chlorkalzium, auch ein Gemisch von Kalk und Chlorkalzium („Calcidum") zugesetzt. Seit langem rührt man aber die Salmiaklösung fast allgemein mit Weizenmehl an, welches den elektrischen Widerstand des Elektrolyten verhältnismäßig wenig erhöht; man setzt Chlorzink und Quecksilbersalz hinzu, um das Erstarren zu beschleunigen, das Schimmeln zu verhindern und das Zink zu verquicken. Bei den Pertrixelementen wird Chlormagnesium als Elektrolyt verwendet.

Außer den „Postelementen", die 17,5 cm hoch waren, bei 10 × 10 cm Querschnitt 2,75 kg wogen und damals bei ununterbrochener Entladung über 5 Ω von 1,4 V Anfangs- bis 0,4 V Endspannung rd. 100 Ah leisteten, wurden bald kleine Trockenelemente hergestellt, welche winzigen Lämpchen den Strom lieferten. Einer der Ersten auf

Digitized by Google

diesem Gebiete, Herr Carl Müller, der noch heute trotz seiner 78 Jahre als Obermeister bei Daimon tätig ist, erzählte mir, daß er damals bei S. & H. als Hülsen Bambus verwendete; in jener Zeit wurden nämlich bei Siemens die Glühlampenfäden aus verkohlter Bambusfaser gebildet. Die Puppe (die um den Kohlestift gestampfte Braunstein-Graphit-Mischung, mit Gaze umwickelt und verschnürt) isolierte er mit Glasstäbchen vom Zinkbecher. Obenauf kam wie heut eine Pappscheibe; Vergußmasse war Paraffin. Werner Siemens hatte seine Freude an dem hübschen Spielzeug. 1899 machte sich Müller selbständig und fabrizierte Spazierstöcke sowie Krawattennadeln mit Lämpchen und Batterie, welche viel gekauft wurden. Die Depolarisatormasse wurde anfangs mit einem Holzhammer in die Form getrieben; ein kleiner Junge schlug mit einem Hämmerchen die Messingkappen auf die Kohlestifte. Die Zinkbecher lieferte ein Klempner; sie wurden in einer Wanne mit Quecksilber amalgamiert, wobei das Zink nicht selten wegen zu starken Verquickens brüchig wurde. Bald wurde eine Puppenpresse angeschafft, welche der späteren Hassepresse ähnelte. Die gefüllten Elemente blieben über Nacht stehen, damit der Elektrolyt erstarrte. Eines Tages riet ihm sein Freund Paul Schmidt, der auch Trockenelemente baute, die Elemente doch zu „verkochen". Heute senkt man hierzu Gestelle mit einer großen Zahl Becher wenige Minuten in heißes Wasser; dann gerinnt der Elektrolyt rasch. Müller stellte damals 500 Batterien täglich her, auch für Uhrständer- und Hauslämpchen. Als einmal der Ofen gekehrt wurde, fegte Müller sich Ruß zusammen und nahm ihn als Zusatz, was die Leistung wesentlich erhöhte. Die 65 mm hohen Elemente speisten die ½ A verbrauchenden Kohlefadenlämpchen insgesamt 3½ Stunden.

Die Einführung der Metallfadenlampe bedeutete auch für die Kleinbeleuchtung eine außerordentliche Förderung. Nun genügte 0,2 A für die Taschenlampen.

Vergleichende Messungen an vielerlei Trockenelementen wurden schon 1890 in der ETZ von H. Krehbiel veröffentlicht. Er schloß: „Sie sind leicht und bequem zu transportieren, jederzeit zum Gebrauch fertig und bedürfen bis zur vollständigen Ausnutzung keinerlei Wartung." Allerdings trat bei einigen Füllmasse aus. Aus den im Jahrgang 1907 mitgeteilten Spannungs- und Kapazitätsmessungen von F. Stähli sei erwähnt, daß das 2,58 kg wiegende Hellesenelement, über 12,66 Ω bis auf 0,4 V Klemmenspannung entladen, 190 Ah und 156 Wh lieferte. Im gleichen Band wies W. Hermann darauf hin, daß man auch die Stromstärke fortlaufend messen und den bedeutenden Einfluß der Temperatur auf die Leistung beachten solle. Im Jahrgang 1915 fand ich endlich Messungen an Taschenlampenbatterien: beim Entladen über 15 Ω sank die Klemmenspannung der dreiteiligen Batterie in 3½ Stunden auf 1,8 V.

Der Weltkrieg brachte einen gewaltigen Bedarf an elektrischen Taschenlampen, die zumeist am Koppel mit einer Schlaufe befestigt wurden. Eine Normung wurde notwendig. Der Verband Deutscher Elektrotechniker vereinbarte mit dem Verband der Fabrikanten von Taschenlampenbatterien in Deutschland e. V., daß die Außenmaße der dreiteiligen Batterie 62 × 21 × 65 mm sein sollten und daß die Hülse ein Fabrikzeichen, sowie die Woche der Herstellung aufzuweisen habe. Die Anfangsspannung sollte mindestens 4,5 V, aber möglichst nicht über 4,8 V betragen. Beim Schließen über 15 Ω durfte die Spannung nicht unter 3,9 V absinken. Die bei ununterbrochener Entladung über 15 Ω erhaltene Stundenleistung ergab erfahrungsgemäß, um 40 % erhöht, die Leistung beim Gebrauch mit Unterbrechungen. Zum Messen muß ein Voltmeter mit mindestens 100 Ω Eigenwiderstand je V benutzt werden. Die bei Händlern leider übliche Kurzschlußprüfung ist zu verwerfen, weil sie kein eindeutiges Urteil über die Güte ergibt und überdies der Batterie schadet. 1921 erschien ein neuer Entwurf; er schlug Entladen bis 0,7 V je Element vor. Heute hat man sich dafür entschieden, die Entladung schon bei 0,75 V als beendet anzusehen, weil danach das Lämpchen zu dunkel brennt.

Statt über 15 Ω (den Widerstand der üblichen 0,2 A-Lämpchen) zu entladen, schlug Philipp Schneider in Frankfurt am Main vor, die Stromstärke auf 0,2 A zu halten. Es ist zwar mühseliger, das Sinken der Klemmenspannung durch Abschalten von Widerstand fortlaufend auszugleichen; aber eine größere Zahl hintereinandergeschalteter Batterien ist dann ganz gleich belastet, während beim Entladen über einen konstanten äußeren Widerstand Batterien mit höherem Eigenwiderstand eine höhere Leistung vortäuschen. Verfasser hat diese Meßweise bevorzugt, weil sie unmittelbar den Vergleich zwischen verbrauchtem Zink und Mangandioxyd einerseits, geleisteten Ah anderseits ermöglichte.

Während die schwere Arbeit an den Handpressen von Männern geleistet wurde, besorgten das Wickeln usw. Frauen, welche außerhalb der „Saison" zum Teil in der Fabrikation künstlicher Blumen beschäftigt waren. In den größeren Betrieben wurde allmählich die Handarbeit immer mehr durch Automaten ersetzt. Mit der Handpresse konnte ein geschickter Arbeiter bis 400 Puppen stündlich herstellen; die automatische Presse leistet in der Stunde bis 3000 und ermüdet nicht. Die sinnreich gebauten Automaten besorgen auch das Wickeln, Tränken mit Paraffin und Umschnüren der Puppen.

Der Rundfunk erforderte Anodenbatterien mit 60 und mehr kleinen Elementen und zweckmäßigen Abgreifstellen, auch Heizbatterien. Durch die Netzanschlußgeräte kam hier der Rückschlag.

Im Rahmen des Vierjahresplanes sind wir bestrebt, ausländische Rohstoffe zu vermeiden und mit inländischen möglichst zu sparen. Diesem Bestreben ist freilich durch die Notwendigkeit, gute Batterien zu liefern, eine Grenze gesetzt. Schlechtes Mehl schadet der Lagerfähigkeit; zu dünne Zinkbecher verschulden vorzeitiges Versagen. Der inländische aufbereitete Graphit aus der Passauer Gegend ist ein vollgültiger Ersatz für ausländische Ware. Thüringer Braunstein jedoch und mancher ausländische Braunstein kommt dem guten kaukasischen Braunstein nicht gleich. Der bei manchen chemischen Prozessen nebenbei gewonnene Kunstbraunstein stammt letzten Endes auch aus Naturbraunstein; weil er Sauerstoff leicht abgibt, verbessert er die Leistung, schadet aber, in zu großer Menge beigemischt, der Lebensdauer. Die Zusätze von Ruß, besonders dem durch Spaltung von Azetylen gewonnenen sehr leichten Ruß, sowie von festem Salmiak machen die Puppenmasse lockerer und erhöhen hierdurch die an sich betrüblich schlechte Ausnutzung des Braunsteins. Oft sind im entladenen Element noch vier Fünftel des ursprünglichen Mangandioxyds enthalten. Deshalb hat man seit langem die Aufarbeitung dieser Rückstände betrieben, welche sich bei den großen Elementen verhältnismäßig leicht gestaltet. Durch Beseitigen der Krusten und der in den Poren abgeschiedenen basischen Zinkverbindungen kann man die Puppe wieder brauchbar machen. Vorschläge dagegen, den zur Depolarisation verbrauchten Sauerstoff durch Behandlung mit Ozon oder durch anodische Oxydation wieder anzulagern, sind meines Wissens unbedeutend geblieben.

Weil bei langen Entladungen mit schwachem Strom der Luftsauerstoff wesentlich mitarbeitet, lag an sich der Gedanke nahe, den Braunstein ganz fortzulassen und der Luft den Zutritt zum Kohlepol möglichst zu erleichtern. Bei größeren, mäßig belasteten Elementen ist dies mit Erfolg durchgeführt worden. Aber weil der gasförmige Sauerstoff viel träger als der im Mangandioxyd locker gebundene Sauerstoff arbeitet, wird man bei den kleinen Elementen meines Erachtens den Braunstein im allgemeinen nicht entbehren können.

Was das Zink anlangt, so wird immer etwas mehr Zink verbraucht, als den gelieferten Amperestunden ent-

Digitized by Google

spricht, weil auch im ruhenden Element die chemische Umsetzung fortschreitet. Bei den „Füll“- oder „Lager“-elementen vermeidet man diese Verschlechterung vor dem Gebrauch, indem man erst den Verbraucher Wasser durch eine verschließbare Öffnung im Verguß zuführen läßt oder auch die nötige Flüssigkeit in einem Glasröhrchen birgt, welches unten im Zinkbecher untergebracht ist und durch einen Stoß zertrümmert wird. Der Gedanke, chemisch reines Zink zu verwenden, bei welchem die elektrolytische Korrosion durch Lokalelemente nicht zu fürchten wäre, ist abwegig, weil sich reines Elektrolytzink wegen seines gröberen Kristallgefüges schlechter walzen läßt als das übliche Zink mit etwa 1 % Blei. Stellen, wo die Kristallite zertrümmert sind, haben ein unedleres Potential und werden stärker angegriffen. Ist ein Löchlein gefressen, so quillt Elektrolyt heraus, bildet Schluß mit benachbarten Bechern und verdirbt die ganze Batterie. Neben dem Löten der Becher hat man heute das elektrische Schweißen und das Spritzen aus dicken Plättchen, was Spezialpressen mit einem einzigen Druck besorgen.

Die Isolierung und Zentrierung der Puppen innerhalb der Zinkbecher wird auf verschiedene Weisen durchgeführt. Die gedrückten Verkaufspreise zwingen die Batteriefabrikanten, auch hier bei jeder Einzelheit auf Ersparnis zu denken. Die Fabrikation ist heute noch auf langjährige Betriebserfahrungen und stete Prüfung aufgebaut. Die Wissenschaft hat hierbei bescheidene Hilfe geleistet, worüber ein ander Mal berichtet werden soll.

Verfahren zur Ermittelung der Spannungsfehler und Fehlwinkel bei Belastungsänderungen der Spannungswandler.

DK 621.314.222.3.015.1.001.24

Bei der Aufstellung eines Wandler-Diagrammes ist die zweckmäßige Einteilung der X- und Y-Achse sehr wesentlich. Die Teilung der Y-Achse gibt den Spannungsfehler in Prozent an, diejenige der X-Achse gibt den Fehlwinkel δ, dabei entsprechen immer 0,1 % Spannungsfehler 3,44 min Fehlwinkel. Abb. 1 zeigt die Fehlerkurve eines neueren zweiphasigen Spannungswandlers der Klasse 0,5 mit einer Nennleistung von 45 VA. Der Wandler wurde bei Leerlauf bei 15, 30 und 45 VA, $\cos\beta = 1$ (im Gegensatz zum $\cos\varphi$ des Netzes), ferner bei 15, 30 und 45 VA, $\cos\beta = 0,5$ gemessen.

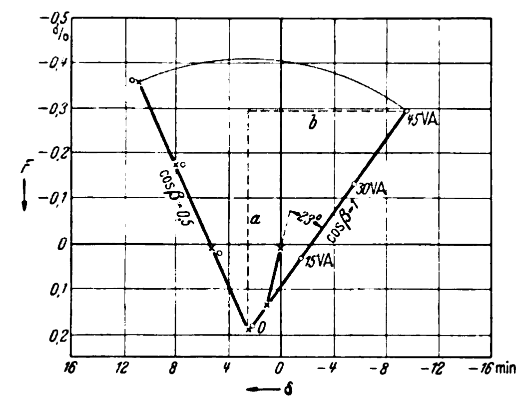


Abb. 1. Fehlerkurve eines neueren zweiphasigen Spannungswandlers.

Abb. 2 zeigt die Fehlerkurve eines älteren zweiphasigen Spannungswandlers, der ohne Klassenzeichen nur mit der Aufschrift 130 VA versehen ist. Der Wandler wurde bei Leerlauf und mit der größten vorhandenen Bürde 60 VA, $\cos\beta = 1$ gemessen. Die Spannung bei allen Messungen betrug 100 %. Spannungsdifferenzen von ± 20 % wirken sich im allgemeinen bei ein- und zweiphasigen Wandlern nur gering aus und brauchten hier nicht berücksichtigt zu werden. Wo dieses doch der Fall ist, genügt es, wenn die Leerlaufmeßpunkte 80 % und 120 % mit aufgenommen werden, da alle anderen Meßpunkte sich gleichmäßig mit diesen im Diagramm verändern.

Um Spannungsfehler und Fehlwinkel eines Spannungswandlers bei irgendeiner Belastung des Wandlers genau zu bestimmen, muß die bei ohmscher Last aufgenommene Fehlerkurve als Kennlinie in das Diagramm eingezeichnet werden. Aus der Kennlinie lassen sich zunächst alle besonderen Merkmale des Wandlers feststellen. So wurde beim ersten Spannungswandler (Abb. 1) durch eine Windungskorrektur in der Hochvoltwicklung von 0,3 bis 0,4 % der Spannungsfehler im Leerlauf unter die X-Achse gebracht. Hierdurch werden die bei Belastung entstehenden Spannungsfehler innerhalb ihrer Klasse gehalten. Die beiden gestrichelten Linien a und b bilden mit der aufgenommenen Kennlinie das Kurzschlußspannungsdreieck. Hierbei stellt a die Wirk- und b die Streuspannungsverluste dar, die durch den Sekundärstrom entstehen und sich proportional mit ihm verändern. Im Gegensatz zu älteren Spannungswandlern (Abb. 2) hat dieser Wandler größere

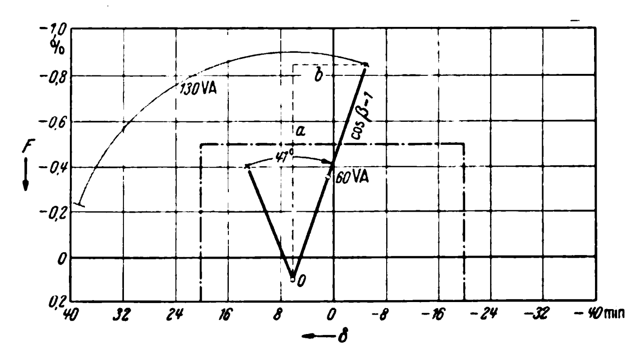


Abb. 2. Fehlerkurve eines älteren zweiphasigen Spannungswandlers.

Streuverluste. Diese wirken sich auf die Fehlwinkel aber sehr günstig aus, indem sie den Leerlaufmeßpunkt nahe an Null bringen und bei normaler induktiver Belastung die Fehlwinkel sehr klein halten. Außerdem kann nach Größe und Lage des Kurzschlußspannungsdreiecks bei Prüfungen von Wandlern gleicher Type die Gleichmäßigkeit der Fabrikation überwacht werden.

Es soll nun festgestellt werden, wie sich Spannungsfehler und Fehlwinkel eines Spannungswandlers bei allen zulässigen Belastungen ermitteln lassen. Aus der durch verschiedene Meßpunkte aufgenommenen Kennlinie (Abb. 1) ist zu ersehen, wie die Meßgenauigkeit eines Spannungswandlers oder auch der Abstand der Belastungspunkte vom Leerlaufmeßpunkt sich proportional mit dem Belastungsstrom ändert. Wenn nun von einem Wandler der Leerlaufmeßpunkt und ein Meßpunkt bei ohmscher Last bekannt sind, kann nach Einzeichnen der Kennlinie der gesuchte Belastungspunkt irgendeiner zulässigen ohmschen Last ohne weiteres mit Hilfe dieser beiden eingetragenen Meßpunkte errechnet und auf der Kennlinie festgestellt werden. Spannungsfehler und Fehlwinkel werden dann auf den beiden Achsen abgelesen. Bei einer induktiven Belastung des Spannungswandlers ist ebenfalls die Eintragung der beiden bekannten Meßpunkte sowie das Einzeichnen der Kennlinie erforderlich. Da die Belastung des Wandlers in VA und der Winkel $\cos\beta$ bekannt sind, wird zunächst auf der Kennlinie, genau wie bei ohmscher Last, der zur Last gehörige Belastungspunkt mit Hilfe der beiden bekannten Meßpunkte ermittelt und eingetragen. Vom Leerlaufmeßpunkt aus wird mit dem Abstand zum ermittelten Belastungspunkt in Richtung von $+\delta$ ein Kreisbogen geschlagen. Der gesuchte induktive Belastungspunkt des Spannungswandlers liegt dann auf dem Kreisbogen und kann durch den $\cos\beta$ entsprechenden Winkel gefunden werden.

Der neuere Spannungswandler, dessen Kennlinie schon bekannt ist, wurde am Schering-Tisch noch mit einer Bürde von 15, 30 und 45 VA, $\cos\beta = 0,5$ gemessen. Die

Digitized by Google

hierbei ermittelten Spannungsfehler $F\%$ und Fehlwinkel δ' waren bei 15 VA: $F = +0{,}02\,\%$, $\delta = +4{,}8'$; bei 30 VA: $F = -0{,}17\,\%$, $\delta = +7{,}3'$; bei 45 VA: $F = -0{,}36\,\%$, $\delta = +11{,}3\,\%'$. Im Diagramm (Abb. 1) wurden die vier Meßpunkte festgelegt. Mit Hilfe der Kennlinie und der dort eingezeichneten gut stimmenden ohmschen Meßpunkte sollen Größe und Richtung der induktiven Bürden ($\cos\beta = 0{,}5$) des Meßtisches geprüft werden. Bei diesen genauen Feststellungen muß der Leerlaufpunkt um 1 VA korrigiert werden. Der Meßfehler entsteht durch die Bürde, die der Spannungsteiler des Schering-Tisches darstellt. Durch die Meßpunkte 15, 30 und 45 VA bei ohmscher Last werden dann um den Leerlaufspunkt Kreisbögen geschlagen. Der einem $\cos\beta = 0{,}5$ entsprechende Winkel von 60° wird nun sehr genau durch Konstruktion des gleichseitigen Dreiecks festgelegt. Die der Kennlinie 60° nacheilende Seite des Dreiecks stellt dann alle Belastungspunkte dar, die von 0 bis 45 VA bei $\cos\beta = 0{,}5$ möglich sind. Dabei zeigt sich, daß die bei den Messungen am Schering-Tisch benutzten $\cos\beta = 0{,}5$-Bürden in Größe und Richtung kleine Abweichungen von den idealen Bürden haben; sie können also sehr leicht nachgeprüft werden. Ebenso können Größe und Richtung irgendeiner anderen Induktivität festgestellt werden.

Derselbe Spannungswandler soll als Normalwandler für eine tragbare Wandler-Prüfeinrichtung benutzt werden. Die Bürde, die die Spannungswandler-Prüfschaltung für den Normalwandler darstellt, beträgt etwa 5,3 VA, $\cos\beta = 1$. Auf der Kennlinie des Wandlers wird zunächst der Belastungspunkt 5,3 VA, $\cos\beta = 1$ festgelegt. Spannungsfehler und Fehlwinkel des ermittelten Belastungspunktes ($F = +0{,}13\,\%$, $\delta = +1'$) sind nicht allzu groß und könnten bei der Messung eines Spannungswandlers als Korrektur eingesetzt werden. Es ist aber vorteilhafter, den Normalwandler so zu belasten, daß F und δ praktisch Null sind. Wie aus der Richtung der Kennlinie ersichtlich, wird dies durch Zuschalten einer induktiven Bürde von 7 VA, $\cos\beta = 0{,}92$ annähernd erreicht. Der Wandler hat bei Spannungsdifferenzen von $\pm 20\,\%$ Fehlwinkeländerungen unter 0,5′ und kann somit ohne weiteres als Normalwandler verwendet werden. Die Fehler anderer Normalwandler können ebenso auf Null gebracht werden.

Der ältere Spannungswandler (Abb. 2) hat die Aufschrift 130 VA und wurde bei Leerlauf und mit der größten vorhandenen Bürde 60 VA, $\cos\beta = 1$ gemessen. Die Bedeutung der Aufschrift ist zunächst zu ermitteln. Die Eintragung der beiden bekannten Meßpunkte gibt die Richtung der Kennlinie. Aus dem Abstand dieser Meßpunkte im Diagramm wird dann der Belastungspunkt 130 VA, $\cos\beta = 1$ ermittelt. Der Kreisbogen um den Leerlaufmeßpunkt schließt alle Spannungsfehler und Fehlwinkel ein, die bei Belastung bis 130 VA und irgendeinem $\cos\beta$ entstehen können. Aus dem Diagramm ersieht man, daß Spannungsfehler und Fehlwinkel bis zur Belastung von 130 VA innerhalb der Klasse F bleiben. Die Aufschrift 130 VA ist demnach die Nennleistung des Wandlers. Der Wandler befindet sich in der Meßzelle eines Kraftwerkes. Seine Bürde wurde mit 70 VA, $\cos\beta = 0{,}75$ ermittelt; wie groß sind F und δ des Wandlers bei dieser Belastung? Mit Hilfe der beiden bekannten Meßpunkte wird die Kennlinie des Wandlers eingetragen. Dann wird der Belastungspunkt 70 VA, $\cos\beta = 1$ festgestellt und um 41° in Richtung von $+\delta$ auf einen Kreisbogen verschoben. Bei 70 VA, $\cos\beta = 0{,}75$ entsteht dann ein Wandlerfehler $F = -0{,}4\,\%$ bei $\delta = +13{,}3'$.

Die normale Belastung der Spannungswandler eines Meßsatzes ist meist gering und beträgt nur einen kleinen Teil der Nennleistung der Wandler. Dementsprechend bleiben bei ein- und zweiphasigen Wandlern Spannungsfehler und Fehlwinkel ebenfalls klein und beeinflussen nur wenig die durch Stromfehler und vor allem durch Fehlwinkel der Stromwandler herabgesetzte Meßgenauigkeit des Satzes. Bekanntlich wird der Gesamtfehler der Wandler geringer, wenn Strom- und Spannungsfehler entgegengesetzte Vorzeichen und die Fehlwinkel der Wandler gleiche Vorzeichen haben. Hiervon ausgehend, lohnt es sich unbedingt, da, wo Stromwandler wichtiger Meßsätze vorläufig nicht durch bessere Wandler zu ersetzen sind, die Fehler der Strom- und Spannungswandler bei ihrer tatsächlichen Bürde zu überprüfen und u. U. durch zusätzliches Belasten der Spannungswandler den Gesamtfehler wesentlich zu verbessern. Das kann nur durch Drosselspulen mit gutem Eisenschluß und großem Phasenwinkel erreicht werden, deren Größe mit Hilfe der Spannungswandlerdiagramme bestimmt wird. Solche Drosselspulen bis 50 VA sind leicht herzustellen, und da sie nur vorübergehend verwendet werden, können größere Belastungen mit kleinen, schadhaften Spannungswandlern erreicht werden, deren Hochvoltwicklung entfernt wird.

Zum Schluß soll noch auf Meßfehler hingewiesen werden, die an einer neuzeitlichen Eicheinrichtung mit Strom- und Spannungswandlern bzw. Wattmeterwandlern entstehen können. Die Fehlwinkel der Spannungswandler sind bei verketteter Nennspannung $+2{,}3'$, die Fehlwinkel der Stromwandler sind negativ und bei normaler sekundärer Strombelastung $-1{,}2'$. Bei der Zwei-Wattmeter-Schaltung errechnet sich bekanntlich der durch die Fehlwinkel der Strom- und Spannungswandler entstehende Meßfehler zu

$$F = 0{,}0291 \cdot \operatorname{tg}\varphi \, \frac{\delta_i^R + \delta_i^T - \delta_e^R - \delta_e^T}{2}.$$

Bei einem $\cos\varphi$ von 0,5 wird F ungefähr $-0{,}2\,\%$, das ist für eine neuzeitliche Eicheinrichtung ein zu großer Meßfehler. In diesem Falle empfiehlt es sich, zunächst die Kennlinie der Spannungswandler aufzunehmen und die geringe ohmsche, vielleicht auch kapazitive Last in VA festzustellen, die erforderlich ist, um die Wandler so zu belasten, daß δ_e negativ wird und somit δ_i aufhebt.

Fritz Stein, Wuppertal-Barmen.

Der elektrische Antrieb in der Faserstoffindustrie[1].

DK 621.34 : 677

In dem Vortrag[2]) wurde folgendes ausgeführt:

Das Wesen der Faserstoffverarbeitung besteht in einem Zusammenfügen der dazu aus ihrem ursprünglichen Wachstumsverband zunächst herauszulösenden Fasern zu einem Ganzen,

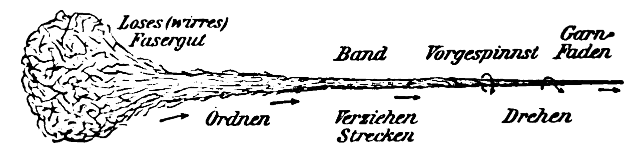


Abb. 1. Schematische Darstellung des Fadenbildungsverfahrens in der Spinnerei.

wobei ein den Grundeigenschaften der Faser (große Länge im Verhältnis zum Durchmesser, Beanspruchungsfähigkeit vorwiegend auf Längszug) entsprechendes Verziehen und Verfeinern (Abb. 1) stattfindet, hauptsächlich mit dem Ziel der Gewinnung flächenhafter Gebilde. Solche werden bei der Papier-Herstellung — beim früheren Handschöpfen, wie auch jetzt auf der Papiermaschine — in einem Zuge erreicht, während in der Textilindustrie zur Erzielung einer Tuchbahn der Umweg über den Faden eingeschlagen wird. In der Spinnerei werden die Fasermassen zuerst aufgelockert und gereinigt, dann in die Form endloser Faserbänder überführt unter gleichzeitigem Parallellegen der Einzelfasern, Ausziehen und Verfeinern der Bänder, bis die immer dünner gewordenen Faserbändchen auf den Vor- und Feinspinnmaschinen zum fertigen Faden zusammengedreht werden können.

Mit der Weiterverarbeitungstechnik des Webens, Wirkens usw. wird nun die Fläche, die Tuchbahn gewonnen. An diesen flächenhaften Gebilden setzen dann die Veredelungsvorgänge, das Waschen, Färben, Trocknen, Bedrucken usw. an.

Der heutige Entwicklungsstand des elektrischen Antriebes in der Faserstoffindustrie zeigt auf den anfänglichen, vorbereitenden Verarbeitungsstufen überall den asynchronen Drehstrommotor mit Kurzschluß — wie Schleifringläufer, dem dabei fast durchweg neben der eigentlichen Energieübertragung noch verschiedene Sonderaufgaben zufallen.

[1]) Nach einem Vortrag von F. Oertel, gehalten am 19. 2. 1939.

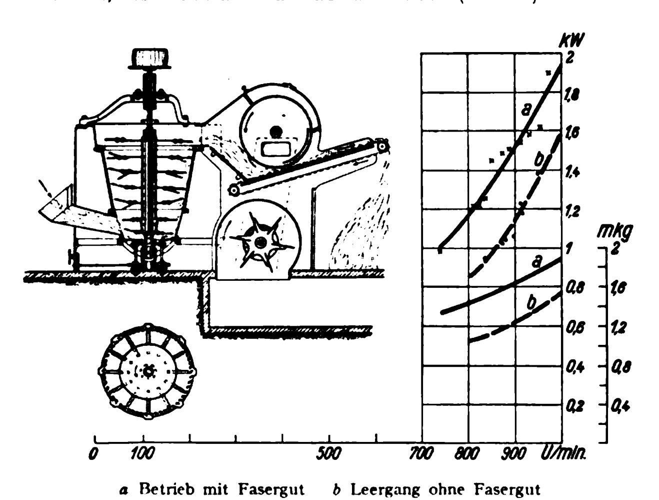
[2]) Aus einer Vortragsreihe „Der elektrische Antrieb in Industrie-Betrieben", veranstaltet vom VDI zusammen mit dem Außen-Institut der T. H. Berlin unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. F. Oertel VDE.

Digitized by Google

Etwa auf der Mitte des Gesamtarbeitsweges, beim eigentlichen Spinnen, Zwirnen, Wirken usw. herrscht der Einmotoren-Regelantrieb vor, während auf den Endstufen (Veredelung der Tuchbahnen auf besonderen Maschinensätzen, der Papierbahn schon im letzten Teil ihres Werdeganges auf der Papiermaschine, weiter auf den Rotationsmaschinen durch das Bedrucken, u. a. m.) Mehr- und Vielmotorenregelantriebe im Vordergrunde des Interesses und der Bedeutung stehen.

Unter den Asynchronantrieben ragt im Papiergebiet der am Beginn der Fertigung stehende Schwerantrieb des Holzschleifers hervor, mit Schleifringläufer für Zwecke der Phasenverbesserung und einer Regelung des Holzknüppel-Vorschubs an den Schleifsteinumfang auf konstanten Anpressungsdruck und daher konstante Leistung; diese Regelungen wirken auf einen Lastausgleich und volle Ausnutzung der Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen im Kraftwerk. Auf der folgenden Maschine, dem Holländer, wird der flüssige Stoffbrei gemahlen; eine bemerkenswerte fertigungstechnische Note dieses Asynchronantriebes liegt darin, daß sich aus der fortlaufenden Strom- bzw. Energieverbrauchsanzeige der Mahlfortschritt zuverlässig beurteilen läßt.

Auf der Textilseite weisen die Begleitumstände der Faserstoffvorbereitung — des Auflockerns, Reinigens der Fasermassen in den Öffnern durch schnellumlaufende Schlagnasen und Flügel, bei gleichbleibendem Mengendurchsatz und meist nur wenigen Kilowatt Leistung — auf den in Anbetracht der Staubentwicklung hier einzig in Frage kommenden Asynchronmotor hin, als Anbau- und Aufbaumotor (Abb. 2) meist mit



a Betrieb mit Fasergut *b* Leergang ohne Fasergut

Abb. 2. Senkrechtöffner für Baumwoll-Vorbereitung.

Kurzschlußläufer; Bedarf nach einer (hier mit Läuferwiderständen durchzuführenden) Drehzahlregelung zur Anpassung der Schlaggeschwindigkeit an Fasern verschiedener Beschaffenheit ist erst bei der besonderen Spielart des Senkrechtsöffners aufgetreten.

Dringlicher wird das Regelbedürfnis bei der nächsten Maschinengattung, der Krempel, auf der die Fasern zwischen umlaufenden mit Nadeln besetzten Trommelbelägen — eine große Trommel in der Mitte, umgeben von kleineren — weiter verzogen und parallel gelegt werden und im Falle der Streichgarnvorbereitung zwei oder drei solche Maschinen hintereinander mit selbsttätigen Faserband-Übertragungseinrichtungen zusammenarbeiten und (besonders während des Anlassens und Stillsetzens) zur Verhütung ungewollter Verzüge oder Stauungen der Faserbänder in genauem Gleichlauf bleiben müssen. Dieser wird hier nach dem Prinzip der elektrischen Welle (synchronisierende Wirkung gleichphasig verbundener Schleifringläufer, Anlassen mit Druckknopf und Schütz) in Form der sogenannten 3-Krempelsatz-Gleichlaufschaltung durchgeführt (Abb. 3).

Die Streckmaschinen, auf denen die Faserbänder zwischen Walzenpaaren mit gestaffelten Umfangsgeschwindigkeiten abermals weiter verzogen und verfeinert, dabei durch Übereinanderlegen (Doppeln) auch vergleichmäßigt werden, kommen mit dem Kurzschlußläufermotor in gewöhnlicher geschlossener Bauart aus. Eine Abweichung von seinen gewöhnlichen Drehzahlverhalten hat sich bei einer bestimmten Gattung der Spinnmaschinen eingeführt, auf denen nach einem nochmaligen abschließenden Verzugsgange die genügend fein gewordenen Faserbändchen zum fertigen Faden zusammengedreht und aufgewunden werden. Bei dem absetzend arbeitenden Wagenspinner (Selfactor) hatte die Energiespitze bei der Wagenausfahrt und Spindelbeschleunigung abgesehen von den dadurch an transmissionsbetriebenen Maschinen auftretenden gegenseitigen Drehzahlstörungen auch zu starkem Rutschen und Verschleiß der Hauptantriebsriemen geführt, was durch Sonderausführung seines Kurzschlußläufers mit erhöhtem Widerstand für sanften Anlauf (Schlupfläufer) erfolgreich beseitigt wird.

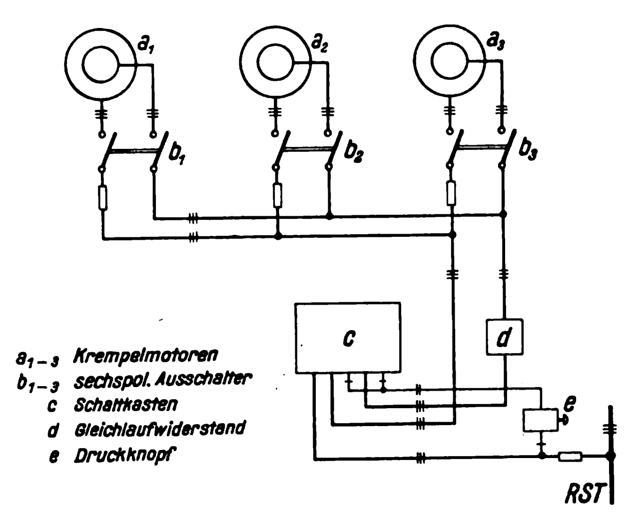


Abb. 3. Dreikrempelsatz-Gleichlaufschaltung (Streichgarnspinnerei).

Dasselbe Problem der Stromspitze beim Anfahren, mit der gleichen Folge gegenseitiger Drehzahlbeeinflussung über Transmissionen, die nur durch Übergang zum elektrischen Einzelantrieb (wieder in der Form des geschlossenen Kurzschlußmotors) zu beheben ist, liegt beim Antrieb des Webstuhles vor, einer Kurbeltriebmaschine mit allen dafür kennzeichnenden und bis zu negativen Werten führenden Energiebedarfsschwankungen über ein Arbeitsspiel. Bei der Zentrifuge (Abb. 4)

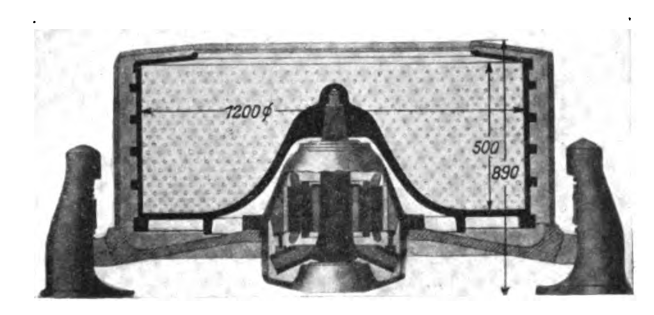


Abb. 4. Textilzentrifuge. Einbauantrieb, Kurzschlußmotor.

in absetzender Betriebsweise als Schleuder zum Entnässen von Faserguterzeugnissen ist die Motorgröße allein durch die Leistung der Anfahrbeschleunigung bestimmt. Eine Hauptschwierigkeit der Antriebslösung besteht in der Herausführung der Verlustwärme aus dem (ein typisches Beispiel einer „Elektro-Arbeitsmaschine" darstellenden) Einbauantrieb. Eine noch gedrängtere Durchbildung dieses Elektro-Textilwerkzeuges entsteht bei Verwendung der Schleuder in durchgehender Arbeitsweise als Elektrospinnzentrifuge[1]) z. B. für Kunstseidegarne, wobei der Faden oben in der Achse eingeführt und durch die Fliehkraft an der inneren Wand des Spinntopfes aufgewunden wird. Solche „Elektrospinnstellen" ergeben zusammengefaßt eine Maschine, die ihrer Antriebsanordnung nach schon zu den später zu besprechenden Vielmotorenantrieben zu rechnen ist. Der bei solchen Maschinen hier mit Dringlichkeit hervortretende Bedarf nach Anpassung der Spindeldrehzahl an verschiedene Garnfeinheiten (Titer), d. h. elektrisch gesehen die Befreiung des zweipoligen asynchronen Kurzschlußmotors von der starren Drehzahlgrenze 3000/min wird hier durch Periodenumformung gelöst.

Wird die Regelfähigkeit aus einem speisenden Umformer in den Antriebsmotor selbst vorverlegt, führt das zu der eingangs benannten zweiten Hauptgruppe der Einmotoren-

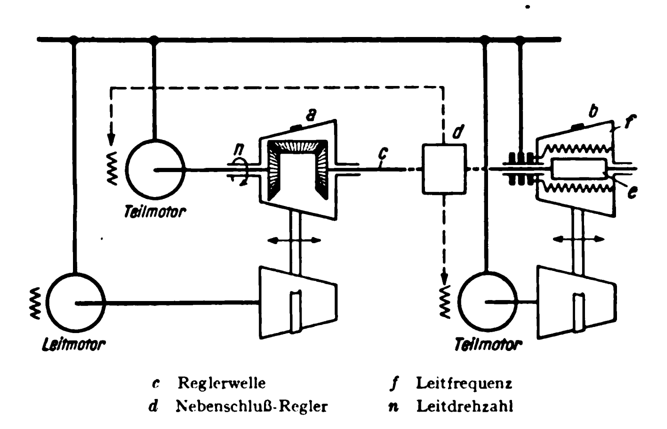
[1]) F. Oertel, ETZ 57 (1936) S. 1313 u. 1348, Abb. 3.

Digitized by Google

Regelantriebe, insbesondere mit Drehstromnebenschlußmotoren an Spinn-, Zwirn-, Wirkmaschinen, Kalandern. Hier besteht allgemeiner Bedarf nach Änderung der Arbeitsgeschwindigkeit, nach einer stufenlosen Einstellungsmöglichkeit in weitem Drehzahlbereich als Folge davon, daß bei einer Fertigungsmaschine bestimmter Typengröße die Mengendurchsatzfähigkeit und anderseits die mechanische Beanspruchungsgrenze von Maschine und Werkstoff für die schweren Erzeugnisse eine niedrigere Arbeitsgeschwindigkeit bedingen als für die leichteren. Weiter führt hier die Aufgabe, die in fortlaufenden Längen anfallenden Erzeugnisse auf gedrängtem Raum unterzubringen, zu periodischen Änderungen im Füllungszustand der Aufnahmebehälter (Garnspulen, Papierrollen, u. a.) und damit auch zu Veränderungen in der Werkstoffbeanspruchung (dem Zuge in der Längsrichtung der Fasergebilde), was für alle Seiten des Erzeugungsvorganges, d. h. Menge, Güteeigenschaft, Bedienungsaufwände nachteilig ist. Deshalb spielt das Bestreben nach Ausgleich solcher Längszug-Veränderlichkeiten bei der Durchbildung der elektrischen Regelantriebe eine besondere Rolle. In Fällen, wo diese Längsbeanspruchung der Fasergebilde durch Fliehkraftwirkung hervorgerufen wird, bei den Spindeln der Spinnmaschinen, können diese Schwankungen auch auf dem Wege über die Fliehkraft wieder ausgeglichen werden, d. h. durch eine veränderliche Drehzahlführung, die den bei der ursprünglichen konstanten Arbeitsgeschwindigkeit auftretenden Veränderungen der Beanspruchung gegenläufig zu wählen ist. Man nennt das Arbeitsspielregelung. So wird bei Ringspinnmaschinen[2]) der Drehstromnebenschluß-Spinnmotor auf einen (konstantem Fadenzug entsprechenden) periodischen Regeldrehzahlverlauf gesteuert durch einen Kurvenscheibenregler (Spinnregler), dessen Einstellung vorteilhaft durch Meßergebnisse mit einem dazu geschaffenen elektrischen Fadenzugschreiber nachgeprüft und berichtigt wird.

Zu diesen überwiegend einmotorigen Regelantrieben gesellen sich noch die Kalander für das Glätten und Glänzendmachen von hernach auf eine Rolle aufzuwickelnden Tuch- und Papierbahnen, und für das Auswalzen von Gummibahnen, vielfach wiederum mit Drehstrom-Nebenschlußmotoren. Neben der Einstellung der Arbeitsdrehzahlen auf verschiedene Werte je nach Stoff- und Erzeugnisart tritt eine Arbeitsspielregelung auf bei elektrischer Lösung des Aufwickelproblems, das — bei Achsantrieb der Aufwickelwalze — zur Herstellung eines konstanten Papierzugs eine Drehzahlsenkung mit steigendem Rollendurchmesser nach einer Hyperbel vorschreibt. Diese Drehzahländerung ist rein mechanisch nur unvollkommen und mit Energieverlust durch Rutschkupplungen zu erreichen. Bei der elektrischen Lösung[3]) steuert man einen Gleichstromnebenschlußmotor über einen motorischen Feldregler mit Hilfe eines Laststromrelais auf konstanten Strom (Elektrowickler). Bei den Kalandern erfordert infolge hoher Anlaufmomente die Anlauffrage besondere Beachtung, ebenso wie das Verlangen nach einer sehr niedrigen und längere Zeit benutzbaren sogenannten Kriechgeschwindigkeit für das Einziehen der Ware. Dem wird, sofern nicht ein teurerer vollregelbarer Drehstrom-Nebenschlußmotor genommen wird, durch Hilfsmotor mit Überholungskupplung, bei den schweren Papierkalandern auch durch einen besonderen Hilfsumformer mit Niederfrequenz entsprochen. Schnelles Abbremsen ist bei allen Kalandern unerläßlich, insbesondere für Gummikalander, bei denen das Einführen des klebrigen Kautschuks zwischen die umlaufenden Walzen von Hand geschieht und somit eine Gefahr bildet, die durch eine mit Druckknopf auszulösende elektrische Notumkehrschaltung (Vertauschung zweier Drehstromphasen) unter kürzesten Bremsweg unterbunden wird.

Die letzten — veredelnden — Arbeitsvorgänge in der Faserstoff-Industrie vollziehen sich auf Maschinensätzen von einer (auch für scheinbar auseinanderliegende Zweige der Faserstoffverarbeitung) ähnlichen Struktur. Auf diesen werden die Warenbahnen nacheinander über oft verschiedenartige und meist aus Walzenpaaren bestehende Arbeitseinheiten hinweggeführt und unterliegen unter Einwirkung von Behandlungsmitteln — Naßbehandlung beim Laugen und Waschen von Tuchbahnen, Wasserentziehung aus feuchten Papierbahnen durch Preßwalzen, anschließend Trocknung am Umfang beheizter Trommeln, u. a. — vielfach einer Schrumpfung, bei Aufwickelvorgängen auch einer Dehnung. Dementsprechend ist hier die Antriebsaufgabe einmal die, zwischen aufeinanderfolgenden Arbeitseinheiten bestimmte Drehzahlverhältnisse feinstufig einzustellen und gegenüber äußeren Störungen aufrechtzuerhalten mit Hilfe von handbetätigten Regeleinrichtungen (Differentialregler) oder, wenn die Ware zur Abgabe von Regelimpulsen genügend widerstandsfähig ist, auch mit den unmittelbar vom Werkstoff gesteuerten sogenannten Tänzerwalzen. Diese Maßnahmen dienen dem Ziel, eine dem jeweiligen Arbeitsgang und mechanischen Widerstandsvermögen der Ware angepaßte gleichmäßige Beanspruchung beizubehalten, wodurch ein Größtmaß an Erzeugungsmenge, Warengüte und erleichterter Bedienung sichergestellt wird. Daneben besteht wie bei den Einmotoren-Regelantrieben die Forderung, die Warengeschwindigkeit je nach Werkstoffart und Erzeugnisgröße in weitem Bereich auf beliebige Werte, insbesondere auf Tiefwerte zum Einziehen der Ware einstellen zu können. Diese Forderungen sind mit größter Feinheit und Wirtschaftlichkeit zu erfüllen durch Übergang vom Transmissionsbetrieb auf elektrischen Einzelantrieb der Arbeitseinheiten mit Regelmotoren, d. h. also Vielmotorenantrieb, zumeist mit Gleichstrom-Nebenschluß-Motoren in der durch das gemeinsame Hochfahren aller Motoren besonders einfachen und sicheren Leonardschaltung, aber auch mit Drehstrom-Nebenschluß-Motoren, die den Vorteil des besseren Wirkungsgrades mitbringen, allerdings in der Anwendung mit selbsttätiger Steuerung vom Werkstoff aus zurücktreten bei feineren Kunstseide- und Zellstoffgeweben, deren mechanisches Widerstandsvermögen zur Betätigung einer Bürstenbrücke oder eines Drehreglers nicht mehr ausreicht.



c Reglerwelle *f* Leitfrequenz
d Nebenschluß-Regler *n* Leitdrehzahl

Abb. 5. Elektro-Differentialregler für Papiermaschinen.
Darstellung *a* für mechanischen Drehzahlvergleich
b für elektrischen Drehzahlvergleich

Die Leonardschaltung ist die gegebene Lösung z. B. für eine Breitwaschmaschine[4]), bei der die durch Schrumpfungsvorgänge in den einzelnen Laugenbehältern sich ausbildenden und für feine Kunstseide- und Zellwollgewebe äußerst abträglichen Zugspannungen mit in die Warenbahn eingehängten und die Motordrehzahlen beeinflussenden sogenannten Tänzerwalzen selbsttätig ausgeregelt werden.

Ebenso ist die Leonardschaltung die verbreiteste Lösung für den Antrieb von Bleichanlagen, Spannrahmen und dergleichen Maschinen und besonders für die vielseitige Antriebsaufgabe bei der Papiermaschine, auf welcher das Fasergut über eine lange Reihe von Bearbeitungsvorrichtungen hinweggeführt wird und dabei alle Aggregatzustände durchmacht vom flüssigen Stoffbrei, dem das Wasser erst durch Preßwalzen dann durch dampfbeheizte Trockentrommelgruppen mit anschließenden Kühltrommeln entzogen wird, bis zum geglätteten, geschnittenen und auf die Rolle gewickelten fertigen Papier. Die den Schrumpfungen entsprechenden kleinen Drehzahlunterschiede zwischen den Einheiten bzw. Teilmotoren werden durch sogenannte Differentialregler (Abb. 5) eingestellt und selbsttätig aufrechterhalten; diese werden neuerdings zwecks zentralisierter Zusammenfassung aller Regel- und Steuereinrichtungen unter Anwendung von Fernübertragung von der Maschine weg in verkleinerter Form nach einem besonderen Raum (Ferndifferential) verlegt.

Die hochentwickelten Vielmotoren-Regelantriebe haben erst die Grundlage dazu geschaffen, den Papiermaschinenbau auf den heutigen Stand des Großmaschinenbaus heraufzuführen. Das gilt auch für die Rotationsmaschinen (z. B. für Zeitungsdruck). Bei ihnen ist die von der Papierbahn zu passierende Reihe der Arbeitsvorrichtungen — Papierrolle, Farbwerk, Schöndruck- und Wiederdruckwerk, Falzapparat — noch nicht in Einzelantriebe aufgelöst. Der Mehrmotorenantrieb ist hier entstanden durch Zusammenfassen einer Anzahl solcher gleich-

[2]) Wie Fußnote 1, S. 1448, Abb. 13.
[3]) Wie Fußnote 1, Abb. 7 u. 8.
[4]) Wie Fußnote 1, Abb. 15 u. 16.

Digitized by Google

artigen Einmotoren-Druckeinheiten; diese müssen je nach Art der Druckaufgabe sowohl in Einzelfertigung arbeiten können als auch parallel auf ein gemeinsames Falzwerk zu schalten sein, was mit Gleichstrom-Nebenschlußmotoren üblicher Regelbereichgröße und heute zunehmend auch mit Drehstrom-Nebenschlußmotoren bewältigt wird. Bei den Rotationsmaschinenantrieben liegt die besondere Note in der Durchbildung von Gruppenwahlschaltungen, in den Einrichtungen für gemeinsame Drehzahlregelung parallelarbeitender Druckeinheiten und besonders in den Sicherungs- und Verriegelungsschaltungen welche das hier sehr zeitraubende Einrichten der Papierbahnen gefahrlos gestalten sollen.

So zeigt die Elektroantriebstechnik in allen Zweigen der Faserstoffindustrie ein deutliches Parallelgehen zwischen der Reihenfolge der Verarbeitungsstadien und der Durchbildungsstufe der Antriebe, im einzelnen große Vielseitigkeit und zahlreiche schwierige Fertigungsaufgaben, die sich mit den Mitteln der Elektroantriebstechnik zufriedenstellend lösen lassen. *sb.*

Aufnahme von Wanderwellen mit der Braunschen Röhre als stehende Kurven*).

DK 621.317.755.015.34

Strom- oder Spannungsänderungen, die sich in sehr kurzer Zeit abspielen, können auf den Schirm der Braunschen Röhre als stehende Kurve geschrieben werden, wenn die Vorgänge periodisch wiederholt werden und zugleich die Zeitablenkung des Rohres so gesteuert wird, daß die einzelnen Kurven zur Deckung kommen[1]). Dieses Verfahren hat gegenüber der Aufnahme des einmaligen Vorganges zwei wesentliche Vorteile. Die stehende Kurve erlaubt eine unmittelbare Beobachtung durch das Auge, während die in äußerst kurzer Zeit einmal geschriebene Kurve meist nur durch die photographische Aufnahme festgehalten werden kann. Bei unmittelbarer Beobachtung kann der Einfluß, den irgendeine Änderung der Versuchsanordnung ausübt, leichter festgestellt, der Vorgang also gründlicher untersucht werden. Bei der photographischen Aufnahme können durch entsprechende Bemessung der Belichtungszeit bedeutend höhere Schreibgeschwindigkeiten erfaßt werden.

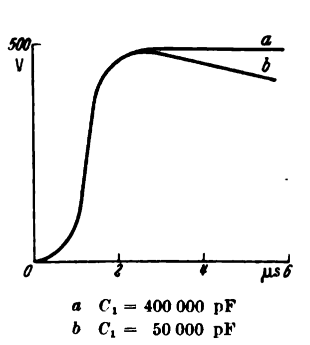
Abb. 1. Schaltbild des Stoßapparates.

Da das angegebene Verfahren anscheinend wenig bekannt ist, soll im folgenden als Anwendungsbeispiel kurz über die Aufnahme von Wanderwellen nach diesem Verfahren berichtet werden. Der Aufnahmeapparat wurde auf Veranlassung von Prof. Seiz von J. Falk gebaut, die Versuche wurden von den Verfassern durchgeführt. Im Gegensatz zu dem von Rohats[1]) beschriebenen Gerät wird mit einer der Zeit fast proportionalen Zeitablenkung gearbeitet. Die Schaltung zeigt Abb. 1.

Es sind darin zwei Hauptkreise zu unterscheiden, von denen der eine (in Abb. 1 der obere) die Stoßspannung und der andere die Zeitablenkung liefert. Der Apparat ist über einen Transformator mit zwei Sekundärwicklungen an eine Wechselspannung von 220 V angeschlossen.

Während einer Halbperiode sei die EMK so gerichtet, daß C_1 über Rohr *I* aufgeladen wird. Bei den später erläuterten Versuchen betrug die Ladespannung etwa 300 V. Das Thyratron *III*, das im gleichen Sinne wie Rohr *I* geschaltet ist, wird durch eine am Potentiometer R_4 einstellbare negative Gittervorspannung am Zünden gehindert. In der nächsten Halbperiode zündet das Edelgasrohr *II* bei einer Spannung, die von der Einstellung seiner Gittervorspannung abhängt. Von diesem Augenblick ab beginnt der Kondensator C_3, sich über das Rohr *S* auf einen dem Spannungsabfall an R_3 entsprechenden Wert aufzuladen. Das Rohr *S* ist ein im Sättigungsgebiet arbeitendes Hochvakuumrohr mit Wolframkathode, dessen Strom in weiten Grenzen fast unabhängig von der Anodenspannung ist. Die Spannung an C_3, die zur Zeitablenkung benutzt wird, steigt deshalb zeitlich linear an.

Bei Zündeinsatz des Rohres *II* wird zugleich C_4 über die Primärspule des Lufttransformators *Tr* aufgeladen. Der Ladestromstoß induziert in der Sekundärwicklung von *Tr* eine EMK, die der negativen Gittervorspannung des Thyratrons *III* entgegenwirkt. Bei genügender Größe dieser EMK muß das Rohr *III* zünden. Der während der vorigen Halbperiode aufgeladene Kondensator C_1 entlädt sich also über R_1 und die Parallelschaltung von R_2 und C_2. Dabei stellt der Spannungsabfall an R_2 die Stoßspannung dar, auf deren Verlauf später noch eingegangen werden soll. Es ist auf diese Weise also erreicht, daß bei beginnender Zeitablenkung auch der Stoß einsetzt.



a $C_1 = 400\,000$ pF
b $C_1 = 50\,000$ pF

Abb. 2. Stoßkurven bei $R_2 = 750\,\Omega$.

Hat die Spannung in der Wicklung *B* und damit an R_3 ihren Höchstwert überschritten, so beginnt C_3, sich über *Gr* und R_3 und R_5 zu entladen und ist bei Beginn der nächsten Halbperiode praktisch spannungslos. Die Zeitablenkung ist damit auf Null zurückgegangen. In der gleichen Halbperiode wird ebenso wie in der vorletzten C_1 wieder aufgeladen, und das ganze Spiel beginnt von neuem. Da das Zünden von Rohr *II* gleichzeitig den Stoß und die Zeitablenkung einleitet, müssen die Kurven bei jeder Wiederholung sich decken, auch wenn das Rohr *II* nicht jedesmal ganz exakt bei der gleichen Spannung zünden sollte. Allerdings muß das Thyratron *III* stets in gleicher Weise auf den Gitterspannungsstoß reagieren.

Der Ladestrom des Zeitkondensators C_3 hängt nur vom Heizstrom des Rohres *S* ab. Eine Regelung von *R* ändert also den Zeitmaßstab.

Soll der kleinste einstellbare Zeitmaßstab 1 μs/cm betragen, so ergibt sich bei größtem Sättigungsstrom in *S* rechnerisch für C_3 eine Kapazität von 165 pF. Eine weitere Verkleinerung des Zeitmaßstabes ist zwecklos, da dann die zwischen den Zündungen der Röhren *II* und *III* verstreichende Zeit sich stark bemerkbar macht. In diesem Falle wäre der Elektronenstrahl bereits um einen beträchtlichen Teil der zur Verfügung stehenden Strecke in der Zeitrichtung ausgelenkt, bevor der Stoß beginnt.

Die Endlage der Zeitablenkung entspricht dem Scheitelwert der EMK in der Wicklung *B* und ist unveränderlich. Der lineare Teil der Zeitablenkung verhält sich zur Gesamtablenkung wie die Zündspannung von Rohr *II* zum Höchstwert der EMK in *B*. Die Gittervorspannung am Edelgasrohr *II* wird deshalb am günstigsten so eingestellt, daß die Zündung erst kurz vor dem Scheitelwert der EMK der Wicklung *B* einsetzt.

Den Heizstrom für die Röhren *I*, *II*, *III* und *S* liefert ein Transformator. Für die Heizung von *Gr* wurde aus folgendem Grunde eine Taschenlampenbatterie vorgesehen: In der oben berechneten Kapazität von $C_3 = 165$ pF muß die Kapazität der Heizstromquelle für *Gr* gegen Erde einbegriffen sein. Die Verwendung eines Heiztransformators scheidet daher wegen der verhältnismäßig hohen Kapazität seiner Sekundärwicklung gegen Erde aus.

---

*) Mitteilung aus dem Elektrotechn. Institut der Technischen Hochschule Danzig.

[1]) N. Rohats, Gen. Electr. Rev. 39 (1936) S. 146.

Digitized by Google

Die Form des erzeugten Stoßes läßt sich in weiten Grenzen durch Veränderung von C_1, C_2 und R_2 regeln. So zeigt z. B. Abb. 2 den Einfluß von C_1 auf den Spannungsstoß bei $R_2 = 750\,\Omega$ und $C_2 = 0$.

Der Wellenrücken verläuft also um so flacher, je größer C_1 und die Widerstände R_1 und R_2 sind. Allerdings darf C_1 nur so groß sein, daß es zu dem Zeitpunkt, in dem es über Rohr *I* wieder aufgeladen wird, spannungslos ist, da sonst das Thyratron *III* dauernd durchlässig bleibt.

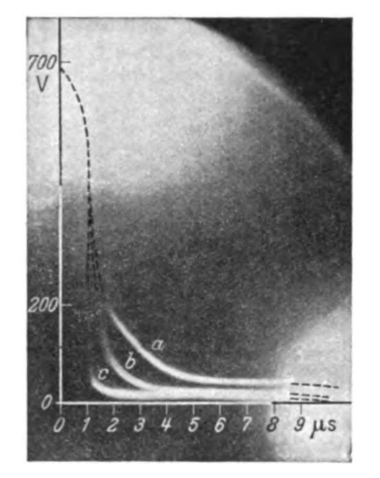
Bei $C_2 = 0$ wird der Scheitelwert des Stoßes etwa durch das Verhältnis $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ festgelegt. Je größer also R_2 ist, desto höher steigt der Spannungsstoß an, und um so flacher verläuft der Wellenrücken, da R_2 ja auch in die Zeitkonstante des Entladevorganges von C_1 eingeht.

Bei Zuschalten der Kapazität C_2 wird während deren Ladezeit der Spannungsabfall an R_1 vergrößert. Je höher also diese Kapazität ist, desto später erreicht der Spannungsstoß seinen Scheitelwert, desto länger ist also die Stirndauer.

Entsprechend der äußerst kurzen Zeit, in der der Stoßvorgang sich abspielt, wandert der Elektronenstrahl in Richtung der Zeitachse sehr schnell, um dann während ¼ Periode langsam zurückzuwandern und während annähernd ¾ Periode in Ruhe zu bleiben. Um Überstrahlungen zu vermeiden, ist es deshalb wünschenswert, den Elektronenstrahl nur während des eigentlichen Stoßvorganges freizugeben. Zu diesem Zweck wird der Vorspannung des Wehnelt-Zylinders des Braunschen Rohres eine Wechselspannung von Netzfrequenz überlagert, die in ihrer Größe und Phasenlage in geeigneten Grenzen regelbar ist.

Als Versuchsleitung zur Aufnahme von Wanderwellenvorgängen diente eine etwa 500 m lange Doppelleitung aus Kupferdraht von 1,38 mm Dmr. und von 20 cm Leiterabstand. Anfang, Ende und eine Stelle bei ²/₅ der Gesamtlänge befanden sich in unmittelbarer Nähe der Apparatur. Die Dämpfung der Leitung ist klein, so daß sie im folgenden stets vernachlässigt wird.

Induktivität und Kapazität der Leitung wurden bei Erdung eines Drahtes am Leitungsanfang gemessen und daraus der Wellenwiderstand zu $Z \approx 500\,\Omega$ berechnet.



a R_b = 250 Ω b R_b = 750 Ω c R_b = 2750 Ω

Abb. 3. Spannungsabfall am Thyratron *III*.

Bei den Versuchen wurde Rechteckform der Stoßwelle angestrebt, da sich dabei bekanntlich besonders einfache Verhältnisse für die Reflexion am Leitungsanfang und am Leitungsende ergeben. Dazu wurde $C_2 = 0$ gemacht. Weiter mußte der Widerstand R_1, der die Röhre *III* vor Überlastungen schützen soll, kurzgeschlossen werden. Bei endlichem R_1 und annähernd konstanter Spannung am Kondensator C_1 muß ja das Zurückfluten der Ladung aus der offenen Leitung bei Rückkehr der Wanderwelle den Spannungsabfall in R_1 und damit die Spannung am Leitungsanfang beeinflussen.

Bei offener Leitung kann R_1 ohne Gefahr für die Röhre *III* gleich Null gemacht werden, solange der aus R_2 und Z resultierende Widerstand keinen zu hohen Strom zuläßt. Unter diesen Umständen ist, solange die Röhre leitet, die Spannung an R_2 bei Vernachlässigung des Spannungsabfalles im Thyratron *III* gleich der Spannung an C_1, also angenähert konstant. Damit aber das Thyratron während des ganzen Stoßvorganges durchlässig ist, muß $R_2 < Z$ sein. Anderenfalls wäre der nach der Reflexion aus der Leitung zurückflutende Strom größer als der Strom, den der Widerstand R_2 bei konstanter Spannung aufnehmen kann. Da die Röhre den Differenzstrom, der ja in ihrer Sperrichtung fließen müßte, nicht aufnehmen kann, würde für $R_2 > Z$ bei der Rückkehr der reflektierten Welle die Spannung am Widerstand R_2 und damit auch die an der gestoßenen Leitung sprunghaft ansteigen, was nicht erwünscht ist. Diesem Nachteil sollte durch gegensinnige Parallelschaltung eines zweiten Thyratrons zu Rohr *III* begegnet werden. Doch ließ sich eine vorübergehende Spannungserhöhung am Leitungsanfang nicht unterdrücken, da, wie später noch gezeigt wird, das Thyratron eine gewisse Zeit benötigt, um in vollem Maße durchlässig zu werden.

Bei $R_2 = \infty$ und senkrechter Stirn der stoßenden Welle könnte nach Rückkehr der Welle an den Leitungsanfang, wenn also die Leitung auf die doppelte Spannung aufgeladen ist, die Ladung weder über die Röhre noch über R_2 abfließen, der Zustand müßte also dauernd bestehen bleiben. Aus später noch zu besprechenden Gründen ist allerdings eine senkrechte Wellenstirn nicht zu erreichen, und deshalb ist im Augenblick des Sperrens von Röhre *III* eine ungleichmäßige Ladungsverteilung längs der Leitung vorhanden. Wie der Versuch bestätigt, spielen sich dann die weiteren Vorgänge als freie Schwingungen auf der Leitung ab, ohne daß das Thyratron neu zündet. Wegen der dauernden Wiederholung der Stöße muß allerdings R_2 einen endlichen Wert besitzen, da sonst eine Entladung der Leitung während einer Periode unmöglich wäre. Immerhin konnte R_2 so groß bemessen werden, daß es innerhalb des betrachteten Zeitraumes (5 bis 10 µs) keinen merklichen Einfluß zeigte.

Abb. 4. Spannung am Anfang und Ende der offenen Leitung.

Soll bei endlicher Stirndauer $R_2 \lesseqgtr Z$ wenigstens angenähert die Spannung am Ende der Leitung den für eine rechteckförmige Stoßkurve geltenden Verlauf haben, so muß die Stirndauer möglichst kurz sein, zum mindesten darf sie die Laufzeit für die doppelte Leitungslänge nicht überschreiten, wenn sich überhaupt eine Verdoppelung der Spannung am Ende und ein Zurückgehen auf Null einstellen soll.

Die Form der Wellenstirn ist im wesentlichen durch das Verhalten des Thyratrons *III* während des Zündvorganges gegeben. Abb. 3 zeigt den Spannungsverlauf am Thyratron bei verschiedenen Belastungen. Der Spannungszusammenbruch bei der Zündung erfolgt um so langsamer, je kleiner der Belastungswiderstand ist. Dies dürfte damit zusammenhängen, daß die Ionisation um so später ihren Beharrungszustand erreicht, je größer der stationäre Strom wird. Mit Rücksicht auf einen möglichst steilen Spannungsanstieg wäre ein großes R_2 geboten, wenn nicht aus den oben dargelegten Gründen $R_2 \gtreqless Z$ bleiben müßte.

Abb. 5. Spannung am Anfang (*a*), am Ende (*b*) und bei ²/₅ der Leitungslänge (*c*).

Macht man $R_2 = Z = 500\,\Omega$, so gilt hinsichtlich der Stirnform folgendes: Da im ersten Augenblick des Stoßvorganges der Belastungswiderstand R_b sich aus der Parallelschaltung von R_2 und Z zusammensetzt, ist der Berechnung der Stirndauer die Kurve für $R_b = 250\,\Omega$ in Abb. 3 zugrunde zu legen. Man entnimmt einen Wert, der etwas unterhalb der doppelten Laufzeit liegt.

Abb. 4 zeigt den Spannungsverlauf am Anfang und Ende der Leitung bei $R_2 = 500\,\Omega$. Es ist eine weitgehende

Digitized by Google

Übereinstimmung mit den bei sprunghaftem Anstieg des Spannungsstoßes zu erwartenden Verhältnissen erkennbar.

Das gleiche gilt für die Spannung bei 2/5 der Leitungslänge (vom Anfang gerechnet). Die Verzögerung im Auftreten des Spannungssprunges an den verschiedenen Stellen der Leitung entspricht den Längen der einzelnen Leitungsabschnitte (Abb. 5).

Bei Abschluß der Leitung mit einem Widerstand von der Größe des Wellenwiderstandes und bei kurzgeschlossener Leitung hatten die aufgenommenen Kurven den nach der Theorie zu erwartenden Verlauf. Allerdings muß bei kurzgeschlossener Leitung zum Schutze des Thyratrons der Widerstand R_1 einen endlichen Wert haben, wodurch die Vorgänge etwas unübersichtlicher werden.

Zur Bestimmung des Zeitmaßstabes wurden über einen geeichten Schwingungskreis, der vom Stoßapparat angestoßen wurde, auf dem Schirm des Braunschen Rohres Schwingungen bekannter Periodendauer geschrieben.

Bei der in Abb. 4 gezeigten Aufnahme betrug die höchste auftretende Schreibgeschwindigkeit mindestens 100 km/s. A. Campe VDE, H. Matschull VDE.

Regeln für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen.

VDE-Ausschuß für Schweißanlagen.

DK 621.313.2(083.133) : 621.791.735

VDE 0540.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 10. Oktober 1939.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Regeln gelten für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen, deren Herstellung nach dem .... begonnen wird[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen, die eine stromabhängige Arbeitsspannung abgeben.

Diese Regeln sind in Anlehnung an VDE 0530 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen" aufgestellt, jedoch haben nur die Bestimmungen Aufnahme gefunden, die Abweichungen von VDE 0530 enthalten. Sofern im nachstehenden nichts anderes bestimmt ist, gilt daher VDE 0530.

Die von diesen Regeln ausgenommenen Schweißmaschinen unterliegen ebenso wie elektrische Antriebs- und etwaige Erregermaschinen nur den Bestimmungen in VDE 0530; sofern nichts anderes angegeben ist, gilt im besonderen als ihre Betriebsart der Dauerbetrieb.

II. Begriffserklärungen und genormte Werte.

§ 3.

(Zu § 8 von VDE 0530/XII. 37)

Arbeitsweise.

Ein Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgenerator ist ein Sondergenerator für Gleichstrom mit einer bis auf den Kurzschluß abfallenden Strom-Spannungs-Kennlinie, bei dem der Kurzschlußstrom betriebsmäßig kurzzeitig ausgehalten werden muß.

Ein Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißumformer ist ein Maschinensatz, bestehend aus einem Schweißgenerator und einem Antriebsmotor.

§ 4.

Schweißbetriebsarten.

(Zu § 19 a von VDE 0530/XII. 37)

Unterschieden werden:

1. Dauerbetrieb (DB): nach § 19 a, 1 von VDE 0530/XII. 37. Dauerbetrieb liegt vor bei Schweißgeneratoren und -umformern für selbsttätige Lichtbogen-Schweißung und ähnliche Sonderfälle.

[1]) Genehmigt durch ....

2. Handschweißbetrieb (HSB): Handschweißbetrieb liegt vor bei Schweißgeneratoren und -umformern, die für Handschweißung Verwendung finden. Er ist gekennzeichnet durch eine Aufeinanderfolge von Schweißlast und Leerlauf, die den Verhältnissen des praktischen Betriebes entspricht, d. h. im Mittel dem Abschmelzen einer Elektrode und der darauf folgenden Schweißpause für das Auswechseln der Elektrode, der Bearbeitung der Schweißnaht usw. Als genormtes Spiel gilt folgendes:

Spieldauer	2 min
gesamte relative Einschaltdauer 55 % =	66 s
(davon Kurzschlußdauer 2 s)	
demnach Leerlaufpause	54 s

§ 5.

Spannung und Strom.

(Zu § 7 von VDE 0530/XII. 37)

Leerlaufspannung ist die in unbelastetem Zustande, d. h. bei offenem Schweißstromkreis, auftretende Klemmenspannung.

Arbeitsspannung ist die in belastetem Zustande, d. h. bei gezogenem Lichtbogen, auftretende Spannung, gemessen an den Schweißkabel-Anschlußklemmen des Schweißgenerators.

Als genormte Werte der Arbeitsspannung gelten:

für Schweißströme bis 100 A	20 V
„ „ über 100 bis 200 A	25 V
„ „ „ 200 „ 300 A	30 V
„ „ „ 300 „ 400 A	35 V
„ „ „ 400 „ 500 A	40 V
„ „ „ 500 „ 600 A	45 V
„ „ „ 600 A	50 V

Lichtbogenspannung ist die bei gezogenem Lichtbogen an den Elektroden auftretende Spannung.

Schweißstrom ist der Strom im Schweißstromkreise beim Arbeiten mit dem Lichtbogen.

Dauerschweißstrom ist derjenige Strom, für den ein im Dauerbetrieb (siehe § 4, 1) arbeitender Schweißgenerator oder -umformer gebaut und benannt ist.

Nenn-Handschweißstrom ist derjenige Strom, für den ein im Handschweißbetrieb (siehe § 4, 2) arbeitender Schweißgenerator oder -umformer gebaut und benannt ist.

§ 6.

Regelbereich.

Der Regelbereich ist gekennzeichnet durch zwei zusammengehörende Wertepaare von genormter Arbeitsspannung und Schweißstrom, innerhalb derer ein stabiler Schweißbetrieb möglich ist.

Der größte einstellbare Schweißstrom darf bis zu 10% über dem Nenn-Handschweißstrom liegen.

Der kleinste einstellbare Schweißstrom muß zwischen 1/5 und 1/6 des Nenn-Handschweißstromes liegen.

III. Bestimmungen.

§ 7.

Probelauf.

(Zu § 32 von VDE 0530/XII.37)

Während des Probelaufes ist der Erregerstrom, falls eine Nebenschlußwicklung vorhanden ist, konstant zu halten. Sonst darf an der Einstellung der Maschine nichts geändert werden.

Maschinen, die zum Schweißen besonderer zusätzlicher Apparate, wie Drosselspulen, Beruhigungswiderstände u. dgl., bedürfen, sind mit diesen zu prüfen.

Digitized by Google

Die Erwärmungsprüfung ist bei Schweißgeneratoren und -umformern, die für Automatenbetrieb (Dauerschweißbetrieb) bestimmt sind, beim Dauerschweißstrom und der zugehörigen genormten Arbeitsspannung vorzunehmen, bei Maschinen, die für Handschweißbetrieb bestimmt sind, beim Nenn-Handschweißstrom und der zugehörigen genormten Arbeitsspannung unter Einhaltung des genormten Arbeitsspieles. Im letztgenannten Falle darf zur Erzeugung der Kurzschlußbelastung in dem zwischen den Schweißklemmen des Stromerzeugers liegenden Kurzschlußkreis kein Widerstand (einschließlich Übergangswiderstand) größer als 0,01 Ω Verwendung finden.

An Stelle der Belastung des Schweißgenerators durch den Lichtbogen kann auch ein entsprechender induktionsfreier Ersatzwiderstand genommen werden.

Nach der Erwärmungsprüfung dürfen die in VDE 0530 festgesetzten Grenzerwärmungen bzw. Grenztemperaturen nicht überschritten sein.

§ 8.

Leistung des Antriebsmotors.

Der Antriebsmotor ist so zu bemessen, daß er die im Dauerbetrieb erforderliche Antriebsleistung dauernd, die im Handschweißbetrieb erforderliche Antriebsleistung bei dem genormten Spiel unter Einhaltung der Bedingungen von VDE 0530 abgeben kann.

Werden für Spezialelektroden über die genormten Werte der Arbeitsspannung hinaus höhere Werte verlangt, so ist dies bei Bemessung des Antriebsmotors entsprechend zu berücksichtigen.

§ 9.

Kommutierung.

(Zu § 44 von VDE 0530/XII.37)

Bei allen auftretenden Belastungszuständen bis zu den auf dem Leistungsschild angegebenen Höchstwerten muß die Kommutierung praktisch funkenfrei sein.

§ 10.

Lichtbogenbildung.

Bei allen innerhalb des Regelbereiches vorkommenden Schweißstromstärken muß bei Verwendung von blanken Stahlelektroden das Ziehen und Halten des Lichtbogens in allen Stellungen — waagerecht, senkrecht und auch überkopf — möglich sein.

§ 11.

Leerlaufspannung.

Bei Maschinen mit verschieden einstellbaren Grenzwerten der Leerlaufspannung muß bei dem niedrigsten Wert die Spannung stabil sein; beim höchsten Wert darf die Erwärmung der Erregerwicklung die zulässige Erwärmungsgrenze auch bei dauerndem Leerlauf nicht überschreiten.

Die Leerlaufspannung soll so niedrig wie möglich gehalten werden, soweit es sich mit den schweißtechnischen Erfordernissen verträgt. Übersteigt sie 120 V, so sollen Schutzmaßnahmen Anwendung finden.

§ 12.

Drehsinn.

(Zu § 76 von VDE 0530/XII.37)

Bei Maschinen, die nicht in beiden Drehrichtungen gleich arbeiten, ist der Drehsinn durch einen Pfeil kenntlich zu machen.

§ 13.

Polarität.

Die der Nenndrehrichtung entsprechende Polarität der Schweißkabel-Anschlußklemmen der Maschine ist deutlich mit + und — zu kennzeichnen.

§ 14.

Leistungsschild.

(Zu §§ 81 und 82 von VDE 0530/XII.37)

Jede Maschine muß ein Leistungsschild tragen; dieses soll so befestigt werden, daß es auch im Betriebe bequem gelesen werden kann. Auf dem Leistungsschild sind deutlich und haltbar folgende Angaben entsprechend den Bestell- oder Listenwerten anzubringen:

1. Hersteller
2. Modellbezeichnung oder Listennummer
3. Fertigungsnummer
4. Nenndrehzahl
5. Höchste Leerlaufspannung
6. Regelbereich, z. B. 50 bis 300 A, 20 bis 30 V Arbeitsspannung
7. Betriebsart, Nennstrom und zugehörige Nennspannung.

Die Betriebsart ist zu kennzeichnen:

a) Dauerbetrieb: DB bei ... A ... V

b) Handschweißbetrieb: HSB bei ... A ... V

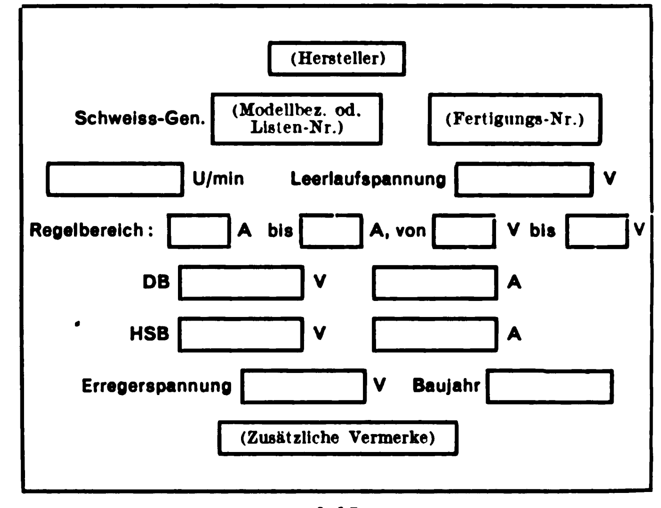
Bei DB ist anzugeben: Dauerschweißstrom und zugehörige, genormte Arbeitsspannung.

Bei HSB ist anzugeben: Nenn-Handschweißstrom und zugehörige, genormte Arbeitsspannung.

8. Nenn-Erregerspannung (bei Eigen- und Fremderregung)
9. Baujahr.

Das Schild des Antriebsmotors hat den Bestimmungen von VDE 0530 zu genügen.

Beispiel eines Leistungsschildes.



§ 15.

Zulässige Abweichungen.

(Zu § 87 von VDE 0530/XII.37)

Soweit die in VDE 0530 angegebenen Toleranzen in Betracht kommen, gelten die Werte von Tafel XIII.

Regeln für Lichtbogen-Schweißtransformatoren.

VDE-Ausschuß für Schweißanlagen.

DK 621.314.2(083.133) : 621.791.735

VDE 0541

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.
Einspruchsfrist: 10. Oktober 1939.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Regeln gelten für Wechselstrom-Lichtbogen-Schweißtransformatoren, deren Herstellung nach dem .... begonnen wird[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für Wechselstrom-Lichtbogen-Schweißtransformatoren, die eine stromabhängige Arbeitsspannung abgeben, und die getrennte Primär- und Sekundärwicklungen

[1]) Genehmigt durch........

Digitized by Google

besitzen. Es ist dabei gleichgültig, ob die Spannungskennlinie durch die Streuung des Transformators oder durch eingebaute zusätzliche Einrichtungen (z. B. Drosselspulen) erreicht wird.

Diese Regeln sind in Anlehnung an VDE 0532 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren" aufgestellt, jedoch haben nur die Bestimmungen Aufnahme gefunden, die Abweichungen von VDE 0532 enthalten. Sofern im nachstehenden nichts anderes bestimmt ist, gilt daher VDE 0532.

II. Begriffserklärungen und genormte Werte.

§ 3.

Arbeitsweise.

Ein Wechselstrom-Lichtbogen-Schweißtransformator ist ein Sondertransformator, dessen Streuung den Kurzschlußstrom zum Erzielen einer Schweißkennlinie ohne besonderen Vorschaltwiderstand in der Größe beschränkt.

§ 4.

Schweißbetriebsarten.

(Zu § 18b von VDE 0532/XII.37)

1. Dauerbetrieb (DB): nach § 18b, 1 von VDE 0532/XII. 37. Dauerbetrieb liegt vor bei Schweißtransformatoren für selbsttätige Lichtbogen-Schweißung und ähnliche Sonderfälle.
2. Handschweißbetrieb (HSB):

Handschweißbetrieb liegt vor bei Schweißtransformatoren, die für Handschweißung Verwendung finden. Er ist gekennzeichnet durch eine Aufeinanderfolge von Schweißlast und Leerlauf, die den Verhältnissen des praktischen Betriebes entspricht, d. h. im Mittel dem Abschmelzen einer Elektrode und der darauf folgenden Schweißpause für das Auswechseln der Elektrode, der Bearbeitung der Schweißnaht usw. Als genormtes Spiel gilt das folgende:

Spieldauer	2 min
gesamte relative Einschaltdauer 55% =	66 s
(davon Kurzschlußdauer 2 s)	
demnach Leerlaufpause	54 s

§ 5.

Spannung und Strom.

(Zu § 12 von VDE 0532/XII.37)

Leerlaufspannung ist die im unbelasteten Zustande, d. h. bei offenem Schweißstromkreis, auftretende Klemmenspannung.

Arbeitsspannung ist die im belasteten Zustande, d. h. bei gezogenem Lichtbogen, auftretende Spannung, gemessen an den Schweißkabel-Anschlußklemmen des Schweißtransformators.

Als genormte Werte der Arbeitsspannung gelten:

für Schweißströme bis 100 A	20 V
„ „ über 100 bis 200 A	25 V
„ „ „ 200 „ 300 A	30 V
„ „ „ 300 „ 400 A	35 V
„ „ „ 400 „ 500 A	40 V
„ „ „ 500 „ 600 A	45 V
„ „ „ 600 A	50 V

Lichtbogenspannung ist die bei gezogenem Lichtbogen an den Elektroden auftretende Spannung.

Schweißstrom ist der Strom im Schweißstromkreise beim Arbeiten mit dem Lichtbogen.

Dauerschweißstrom ist derjenige Strom, für den ein im Dauerbetrieb (siehe § 4, 1) arbeitender Schweißtransformator gebaut und benannt ist.

Nenn-Handschweißstrom ist derjenige Strom, für den ein im Handschweißbetrieb (siehe § 4, 2) arbeitender Schweißtransformator gebaut und benannt ist.

Primärstrom ist der in den Zuleitungen fließende Strom. Dieser ist im allgemeinen gleich dem in der Primärwicklung fließenden Strom. Unterschiedliche Werte ergeben sich bei einoder angebauten Kondensatoren.

Nenn-Primärstrom ist der Primärstrom, der sich ergibt, wenn der Transformator mit dem Dauerschweißstrom bzw. dem Nenn-Handschweißstrom bei Einhaltung der zugehörigen genormten Arbeitsspannung belastet wird, wobei etwa vorhandene, zur Verbesserung des Leistungsfaktors parallel geschaltete Kondensatoren angeschlossen bleiben.

Nennleistung ist das Produkt aus Nennprimärstrom und Nennprimärspannung. Sie gilt als Anschlußwert des Schweißtransformators.

Nenn-Kurzschlußstrom ist der Primärstrom, der sich bei der Reglerstellung für Dauerbetrieb bzw. Handschweißbetrieb ergibt, wenn bei sekundär kurzgeschlossenen Klemmen die Nenn-Primärspannung an die Primärklemmen angelegt wird. Angebaute Kondensatoren bleiben hierbei angeschlossen.

Die Nenn-Kurzschlußleistung errechnet sich als Produkt aus Nenn-Primärspannung und Nenn-Kurzschlußstrom.

§ 6.

Regelbereich.

Der Regelbereich ist gekennzeichnet durch zwei zusammengehörende Wertepaare von genormter Arbeitsspannung und Schweißstrom, innerhalb derer ein stabiler Schweißbetrieb möglich ist.

Der größte einstellbare Schweißstrom darf bis zu 10% über dem Nenn-Handschweißstrom liegen.

Der kleinste einstellbare Schweißstrom muß zwischen ¼ und ⅕ des Nenn-Handschweißstromes liegen.

III. Bestimmungen.

§ 7.

Prüfung.

Transformatoren, die zum Schweißen besonderer zusätzlicher Apparate, wie Drosselspulen und dgl., bedürfen, sind mit diesen zu prüfen. Der auf dem Leistungsschild genannte Regelbereich muß in jedem betriebsmäßigen Erwärmungszustand einstellbar sein.

Die Erwärmungsprüfung ist bei Schweißtransformatoren, die für Automatenbetrieb (Dauerschweißbetrieb) bestimmt sind, beim Dauerschweißstrom und der zugehörigen genormten Arbeitsspannung vorzunehmen, bei Schweißtransformatoren, die für Handschweißbetrieb bestimmt sind, beim Nenn-Handschweißstrom und der zugehörigen genormten Arbeitsspannung unter Einhaltung des genormten Arbeitsspieles. Im letztgenannten Falle darf zur Erzeugung der Kurzschlußbelastung in dem zwischen den sekundären Transformator-Klemmen liegenden Kurzschlußkreis kein Widerstand (einschließlich Übergangswiderstand) größer als 0,01 Ω Verwendung finden.

An Stelle der Belastung des Schweißtransformators durch den Lichtbogen kann auch ein entsprechender induktionsfreier Ersatzwiderstand genommen werden.

Nach der Erwärmungsprüfung dürfen die in VDE 0532 festgesetzten Grenzerwärmungen bzw. Grenztemperaturen nicht überschritten sein.

§ 8.

Leerlaufspannung.

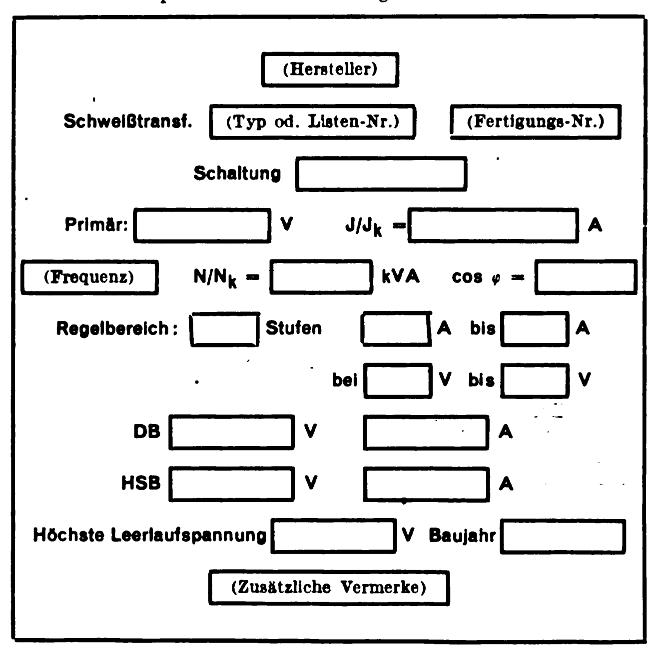
Die Leerlaufspannung des Transformators soll so niedrig wie möglich gehalten werden, soweit es sich mit den schweißtechnischen Erfordernissen verträgt. Sie muß jedoch über den ganzen Regelbereich ausreichend hoch sein, um das Verschweißen der für die Wechselstromschweißung üblichen Elektrodensorten mit stabilem Lichtbogen zu gewährleisten. Übersteigt sie 85 V, so sollen Schutzmaßnahmen Anwendung finden.

§ 9.

Leistungsschild.

Jeder Schweißtransformator muß ein Leistungsschild tragen; dieses soll so befestigt werden, daß es auch im Betriebe bequem gelesen werden kann. Auf dem Leistungsschild sind

Beispiel eines Leistungsschildes:



Digitized by Google

deutlich und haltbar folgende Angaben entsprechend den Bestell- oder Listenwerten anzubringen:

1. Hersteller
2. Modellbezeichnung oder Listennummer
3. Fertigungsnummer
4. Schaltung
5. Nenn-Primärspannung
6. Nenn-Primärstrom / Nenn-Kurzschlußstrom
7. Nennleistung / Nenn-Kurzschlußleistung
8. Nennfrequenz
9. Leistungsfaktor bei Dauerschweißstrom bzw. Nenn-Handschweißstrom und der zugehörigen genormten Arbeitsspannung unter Einschluß etwa ein- oder angebauter Kondensatoren
10. Regelbereich, z. B. 50 bis 300 A, 20 bis 30 V Arbeitsspannung
11. Betriebsart, Nenn-Sekundärstrom und zugehörige genormte Arbeitsspannung.

    Die Betriebsart ist zu kennzeichnen:

    a) Dauerbetrieb: DB bei ... A ... V
    b) Handschweißbetrieb: HSB bei ... A ... V
    Bei DB ist anzugeben: Dauerschweißstrom und zugehörige genormte Arbeitsspannung.
    Bei HSB ist anzugeben: Nenn-Handschweißstrom und zugehörige genormte Arbeitsspannung.
12. Höchste Leerlaufspannung
13. Baujahr.

Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen.

VDE-Ausschuß für Freileitungen.

DK 621.315.1 (083.133)

VDE 0210/X. 38

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 30. September 1939.

Änderung der ab 1. 1. 1930 gültigen Fassung.

§ 6.

f) Schweißungen sind in eindrähtigen Stahlseelen von Stahlaluminiumseilen nicht zulässig, in mehrdrähtigen Stahlseelen nur vor der Verzinkung der Einzeldrähte.

§ 35.

b) Ziffer 2

Im Kreuzungsfeld dürfen die Leitungen nicht aus einzelnen Stücken zusammengesetzt und außer den zur Abspannung dienenden Verbindern keine anderen Verbinder — auch keine Stromklemmen für Abzweigungen — eingebaut sein. Bei Nennspannungen unter 1 kV sind Abzweigungen im Kreuzungsfeld ausnahmsweise zulässig, wenn sie sich nur schwer vermeiden lassen, z. B. bei zwei hintereinanderliegenden Kreuzungsfeldern. In solchen Fällen ist besonders darauf zu achten, daß gute Stromverbindungen vorhanden sind. Lötverbindungen sind im Kreuzungsfeld nicht zulässig. Bei Postkreuzungen durch Starkstromleitungen mit Nennspannungen unter 1 kV und Spannweiten unter 50 m ist bei Änderungen bestehender Anlagen eine Verbindungsstelle je Leitung zugelassen.

g) Ziffer 20

Ölkesselschalter und Schalter, an denen offene Lichtbögen auftreten können, sowie Transformatoren sind bei Starkstromanlagen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber an Kreuzungsmasten unzulässig.

Anhang.

III. Ausführung.

b) Die Verzinkung ist ausreichend, wenn die Prüfgegenstände bis zum Auftreten des zusammenhängenden Kupferbelages bei einer Temperatur des Bades von 20° die folgenden Eintauchungen von je 1 min Dauer aushalten:

1. verzinkte Stahldrähte

von 3,2	bis 2,75 mm	Durchmesser	7 Eintauchungen
„ 2,7	„ 2,0 „	„	6 „
„ 1,95	„ 1,5 „	„	5 „
„ 1,45	„ 1,35 „	„	4 „

2. sonstiges verzinktes Stahl- und Eisenzeug
   bei Feuerverzinkung . . . . . . 6 Eintauchungen
   bei Verzinkung nach einem anderen Verfahren . . . . 3 Eintauchungen

Bei einer Temperatur des Bades von 15° erhöht sich die Anzahl der Eintauchungen um je eine Eintauchung.

Umstell-Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen.

VDE-Ausschuß für Freileitungen.

DK 621.315.1 (083.133)

VDE 0210 U/XI. 37

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 30. September 1939.

Änderung der ab 15. 9. 1937 gültigen Fassung.

§ 32.

c) Bei Kreuzung einer verkehrsreichen Straße einer Großstadt oder bei einer Reichsautobahn[2]) gilt außer den Bestimmungen unter b) noch folgendes:

1. Die Höchstzugspannung der Leitungen darf 75% der in § 7a) festgelegten Werte nicht übersteigen, und die Spannweite muß so gewählt werden, daß die vierfache normale Zusatzlast [siehe § 8b)] den Werkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht.

2. Die Bestimmungen der Vorschrift b) Ziffer 5 dürfen bei Kreuzungen einer Reichsautobahn nur mit Zustimmung der Obersten Bauleitung angewendet werden. Wird auf den Einbau eines Verbinders im Kreuzungsfeld verzichtet, so kann mit Zustimmung der Obersten Bauleitung bei bestehenden Kupferleitungen im Kreuzungsfeld eine Höchstzugspannung von 85% der in § 7a) festgelegten Werte zugelassen werden, wenn die Leitungen an den Kreuzungsmasten oder an einem derselben an senkrecht hängenden Ketten aufgehängt sind.

3. . . . (wie bisher 2).

[2]) [Wortlaut der Fußnote siehe VDE 0210/X. 38, § 32 c) Fußnote 2]

Digitized by Google

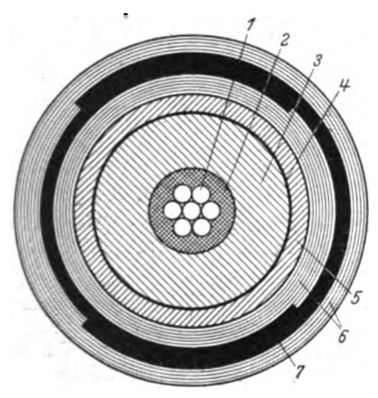
RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.616.1 : 621.315.211.9.027.3

Die Entwicklung vom Hochspannungsgummikabel. [Nach D. Zoethout, Ingenieur, Haag 53 (1938) S. E81; 9 S., 15 Abb.]

Die Fortschritte, die auf dem Gebiete der Gummiverarbeitung in den letzten Jahren erzielt worden sind, haben dazu geführt, daß man dem Gummi als Hochspannungsisolation nicht mehr so ablehnend gegenübersteht als früher. Auch dem Hochspannungsgummikabel wendete man mehr seine Aufmerksamkeit zu, und zwar aus dem Grunde, weil für Leitungen für ortsveränderliche Geräte und Maschinen, wie Röntgengeräte, fahrbare und schwimmende Bagger usw., und auch für ortsfeste Leitungen, wie z. B. lange, vertikale Hochspannungskabel, eine gute Gummiisolation große Vorteile bietet. Der Hauptfeind dieser Isolation ist das Ozon, das sich durch Ionisation bildet, wenn sich zwischen dem Kupfer oder dem Außenmantel des Kabels und der Isolierschicht Luft befindet. Durch die hierdurch entstehende Oxydation verliert das Gummi seine Elastizität, so daß bei Materialspannung sich Risse bilden und der Ionisation weiteren Vorschub geleistet wird. In der Arbeit wird kurz erwähnt, daß es synthetische und natürliche Gummiarten gibt, die den Anforderungen bereits besser genügen, doch wird ausführlich eingegangen auf eine neue und vielversprechende Kabelkonstruktion mit einer Isolation aus natürlichem Gummi. Man hat durch Zusatz von Graphit ein leitendes Gummi hergestellt, um dieses als Übergangsschicht von dem isolierenden Gummi nach dem Kupfer und nach dem Mantel zu benutzen (Abb. 1). Hiermit wird erreicht, daß die etwa vorhandene Luft überbrückt wird und nicht mehr der



1 Kupfer
2 leitendes Gummi
3 isolierendes Gummi
4 leitende Gummischicht
5 Blei
6 Jute
7 Bandeisen

Abb. 1. Querschnitt der Versuchskabel.

Spannung ausgesetzt ist. Zugleich ist es auf diese Weise möglich, daß, unabhängig von der Gestaltung und Anordnung der Ader, ein vollkommen zylindrischer, leitender Kern hergestellt werden kann, mit dem Zweck, das Isoliergummi gleichmäßig zu belasten.

Während das Umpressen der Isoliergummischicht um den inneren Kern keine besonderen Schwierigkeiten macht, muß die äußere Leitgummischicht wegen der Verletzbarkeit des noch weichen Isoliergummis in der Form einer Solution aufgetragen werden, was in genügender Dicke möglich ist. Nachdem das Lösungsmittel verdunstet ist, wird das Ganze vulkanisiert, wodurch es zu einer massiven Masse wird. Für Röntgengeräte und dergleichen besteht die äußere Schicht aus einem mit leitender Solution getränkten Band. Die Leitfähigkeit des Gummis kann nicht unbeschränkt heraufgesetzt werden, denn eine zu hohe Beimischung von Graphit hat eine weniger gute Haftung mit dem Isoliergummi und eine Herabsetzung der Elastizität zur Folge. Es hat sich gezeigt, daß es möglich ist, ein brauchbares Gummi herzustellen mit einem Widerstand von 10 Ω je cm³, ein Wert, der vollauf genügt, wie eine nicht in dem Aufsatz aufgenommene Durchrechnung einiger Kabelkonstruktionen erwies. Als günstiger Umstand für eine gute Spannungsverteilung tritt hinzu, daß der Widerstand des natürlichen Gummis mit steigender Spannungsbelastung abnimmt. Bei der Berechnung wurde zugrunde gelegt, daß der Widerstand des Leitgummis den Verlustwinkel nicht mehr als mit 10% erhöhen darf. Aus einer theoretischen Überlegung geht hervor, daß das günstigste Verhältnis der Halbmesser der Isolierschicht und der Leitschicht, das für Wechselspannung $e = 2{,}71$ ist, für eine Gleich- oder eine pulsierende Gleichspannung zwischen 3,5 und 4 liegt. An Hand eines Diagramms werden die Strom- und Spannungsverhältnisse in der Leit- und Isolierschicht klargemacht, und es wird gezeigt, daß tg δ bei einem bestimmten Zwischenwert des ohmschen Widerstandes des Leitgummis am größten ist. Es wurde eine Dauerprobe von 2,5 Jahren mit acht gummiisolierten Erdkabeln verschiedener Herstellungsart und für eine Nennspannung von 10 kV gemacht. Ihr Aufbau war wie folgt: Kupfer 16 mm², Leitgummiumhüllung 6,5 mm Dmr., Isolierschicht 4 mm, dünne Mantel aus Leitgummi, Bleimantel, normale Schutzumhüllung mit Eisenband. Die Länge der einzelnen Versuchsstrecken wird nicht genannt. Sieben Kabel haben den Versuchen bis zum Schluß standgehalten, doch wird nur von dem Verhalten des besten Kabels berichtet. Im Laufe der ersten 24 Monate wurde die Dauerspannung von 11,5 kV mit Stufen von 2,5 kV auf 30 kV gesteigert. Auch die Strombelastung, die täglich sechs Stunden dauerte, wurde stufenweise erhöht und so bemessen, daß im Kupfer sich Übertemperaturen von 50, 60 und 70° C entwickelten. Nach dieser langen Dauerprobe wurden noch einige kurzzeitige Belastungen mit 23 kV und Übertemperaturen von 80, 90 und 100° C ausgeführt. Nicht unerwähnt darf bleiben, daß die Kabel etwa 17 min bei einer Spannung von 23 kV eine nicht beabsichtigte Temperaturerhöhung von 300° C erlitten, ohne merkbaren Schaden zu erleiden.

Das Ergebnis der Dauerprobe war, daß der Verlustwinkel sich nicht geändert hat; bei einer Meßspannung von 15 kV war am Anfang und am Ende der Belastung tg $\delta = 0{,}0049$ mit zwischenzeitigen Schwankungen von 0,0044 bis 0,0063. Die Festigkeit und Elastizität hatten sich ebenfalls nicht geändert; der Feuchtigkeitsgehalt sank von 0,26 auf 0,19%.

Ein normales Kabel mit Papierisolation für eine Nennspannung von 10 kV, das mit den Versuchskabeln hintereinandergeschaltet war, schlug nach 19 Monaten durch, bei einer Spannung von 20 kV und einer Kupfertemperatur von 70° C.

Über Dauerversuche mit biegsamen Gummikabeln wird nicht berichtet. *v. d. St.*

DK 621.3.064.1:631.2

Der schleichende Kurzschluß, Elektrische oder Selbstentzündung? [Nach W. Schatz, Arch. Kriminologie 102 (1938) S. 154; 7 S.]

In dem Aufsatz untersucht W. Schatz, der als Sachverständiger für die Ermittlung von Brandursachen tätig ist, die Entstehungsursachen von Bränden besonders in Scheunen. Zahlreiche Brände, die bisher auf das Konto der Selbstentzündung oder Brandstiftung unberechtigt verbucht worden sind, sollen ihre Ursache in einem „schleichenden Kurzschluß" haben.

Für diese Vorgänge wird folgende Erklärung gegeben:

Das frisch geschnittene, äußerlich trockene Heu erzeugt in den ersten Wochen der Einlagerung durch Nachatmung Wärme, durch die das Konstitutionswasser der Pflanzenteile ausgetrieben wird, das sich an kalten Teilen der Scheune und besonders in den Hohlräumen der Leitungsrohre kondensiert. Dieses Schwitzwasser ist nun unglücklicherweise in den ersten Wochen des Atmungsvorganges mit Kohlensäure oder Ameisensäure und später mit Ammoniak angereichert. Die so in den Installationsrohren niedergeschlagenen wäßrigen Säuren und Ammonsalze zerstören allmählich die Isolierung der Leitungsdrähte und greifen diese selbst und die Rohre an. Der Übergangswiderstand zwischen den stromführenden Adern soll dadurch so weit erniedrigt werden, daß beträchtliche Ströme durch die Leitungen fließen. Bei diesem sogenannten „schleichenden Kurzschluß" werden die Leitungsdrähte, selbst

Digitized by Google

bei ganz gering gesteigerter Stromstärke im Übergangswiderstand, so erhitzt, daß sie die aus Kunstasphalt u. a. bestehende Isolierung bzw. ihre Abbau-Produkte direkt oder auch durch Lichtbogen entzünden. Sicherungen sprechen hierbei nicht an.

Der schleichende Kurzschluß hinterläßt an den Drähten und Sicherungen keine Merkmale. Er ist aber auch ganz besonders gefährlich, weil er nicht stehenbleibt, sondern die Drähte des ganzen Stromkreises fortschreitend erhitzt und die Isoliermasse zersetzt und verkrackt, so daß Benzin und Petroleum in Schwaden abziehen. Diese Schwaden sorgen schon allein für die schnelle Ausbreitung des Feuers, die bei vielen Bränden bisher unerklärlich war. Die Entzündungstemperatur der Zersetzungsprodukte liegt schon bei 280 bis 300° C.

Es soll, wie nebenbei erwähnt wird, mit aller Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen sein, daß die Katastrophe des Luftschiffes „Hindenburg" ebenfalls auf einen solchen schleichenden Kurzschluß zurückzuführen ist. Auch bei den meisten der niedergebrannten öffentlichen Gebäude, bei denen durch menschliche Atmung entwickelte kohlensäurehaltige Feuchtigkeit sich an den elektrischen Leitungen kondensiert haben kann, muß mit schleichendem Kurzschluß als Brandursache gerechnet werden.

Zum Schutz der Scheunen schlägt der Verfasser als Abhilfe vor, die einzulagernden Futterstoffe wie Heu, Klee usw. vorher gründlich auszutrocknen. Die Durchgangs-Pfeifen und Installationsrohre müssten einseitig geschlossen werden, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern. Auch das Verlegen der Leitungen in massive Porzellanrohre, so daß eine Berührung der Einzeldrähte ausgeschlossen wird, unter Verwendung des neu erfundenen biegsamen Porzellans dürfte geeignet sein, die Gefahr herabzumindern. Auf eine gute Belüftung der Scheunen wird besonders hingewiesen.

Zu diesen Ausführungen nimmt Herr Johann Krefft in derselben Zeitschrift[1]) kritisch Stellung. Er gibt seinem Aufsatz die Überschrift „Dient die Schwadentheorie des Herrn W. Schatz zur Klärung von Zweifelsfällen bei Brandermittlungen?". Er führt aus, daß wenn normale Fälle betrachtet werden, der Leitungsdraht durch den Stromübergang nicht so stark erwärmt werden kann, wie Schatz annimmt, da die vorgeschalteten Sicherungen in diesen Fällen ansprechen müssen, sobald ein gewisser, für den Drahtquerschnitt aber noch zulässiger Stromverbrauch eintritt. Es ist daher ganz ausgeschlossen, daß durch einen schleichenden Kurzschluß die Drähte eines ganzen Stromkreises fortschreitend erhitzt werden können und die Isoliermasse zersetzt wird. Dies gilt auch für alte Leitungen, denn wir haben in jedem Fall Drahtquerschnitte von mindestens 1 bis 1,5 mm², die normalerweise mit 6 bzw. 10 A abgesichert sind. Nachdem bereits seit 1926 fortschreitend eine gründliche Revision der Leitungen stattfindet, ist eine gewisse Gewähr dafür gegeben, daß sie in der gehörigen Art abgesichert sind; andernfalls macht sich der Besitzer strafbar und muß damit rechnen, daß hier in einem Schadensfall von vornherein der Vorwurf einer fahrlässigen Brandstiftung erhoben wird. Die Voraussetzungen für die Schwadentheorie sind also in allen normalen Fällen nicht vorhanden. Des weiteren ist unerklärlich, wie aus einer Stelle des schleichenden Kurzschlusses heraus sich benzin- oder petroleumhaltige Schwaden in solchen Mengen bilden können, daß dadurch in anderen Räumen später eine Entzündung stattfinden kann. Denn es handelt sich hierbei gewöhnlich um große Räume, in denen, zumal in Scheunen eine gewisse Luftbewegung vorhanden ist. Laboratoriumsmäßig sind Unterlagen für die Schwadentheorie nicht erbracht worden und werden wohl auch nie zu erbringen sein. Herr Krefft ist der Ansicht, daß man ohne solche Unterlagen nicht künstlich Vorgänge konstruieren und Theorien aufstellen sollte, die lediglich dazu beitragen, ein an sich schwieriges Gebiet zu verwirren. Nach seinen Erfahrungen ist es nun, im Gegensatz zu der Meinung des Herrn Schatz, in den weitaus meisten Fällen durch Untersuchung der elektrischen Anlage und richtige Verwertung der Zeugenaussagen möglich, die Brandursache, besonders wenn sie auf die elektrische Anlage zurückzuführen ist, einwandfrei zu klären. Die schnelle Ausbreitung vieler Brände ist dadurch bedingt, daß verstaubte Spinngewebe im Dachgebälk das Feuer häufig sehr schnell weiterleiten; abgesehen davon, daß der Brand oft erst nach einer gewissen Zeit entdeckt wird.

Anmerk. des Berichters: Den Ausführungen des Herrn Krefft kann nur beigepflichtet werden; außerdem ist zu erwähnen, daß nach VDE-Vorschrift die Verlegung elektrischer Leitungen in Scheunen möglichst vermieden werden soll, keinesfalls aber kommt eine Installation in offenen Rohren in Frage. Für Scheunenverlegung sind nur Bleikabel oder kabelähnliche Leitungen zulässig, in denen sich überhaupt kein Kondenswasser niederschlagen kann. *Hee.*

[1]) Arch. Kriminologie 103 (1938).

Elektrische Maschinen.

DK 621.314.21 : 536.2

Untersuchung des Wärmeüberganges in Transformatorwicklungen. [Nach Elektrischestwo 59 (1939) H. 12, S. 29; 5½ S., 8 Abb.]

Um ein Bild über die Temperaturverteilung im Inneren einer Transformatorwicklung zu gewinnen, wurde eine Prüfwicklung gebaut, welche ihrem Aufbau nach möglichst nahe die wirkliche Wicklung wiedergibt. Die Wicklung ist als zylindrische Wicklung mit den Abmessungen 30 × 250 × 304 (das letzte Maß ist der äußere Durchmesser) und mit rundem Draht gewickelt. Sie ist nach dem Trocknen und Tränken in einem eisernen Ölgefäß untergebracht. Zur Messung der Temperatur dienen Thermo-Elemente welche sowohl im Inneren der Wicklung als auch im Öl untergebracht sind. Die Speisung erfolgte mit Wechselstrom von 50 Hz. Die Stromdichte in der Wicklung wurde zwischen 1,82 und 4,8 A/mm² geändert. Die Versuche zeigen eine ungleichmäßige Verteilung der Temperatur im Inneren der Wicklung. Sie nimmt von der Oberfläche nach dem Inneren zu und außerdem von unten nach oben. Das Gebiet der höchsten Temperatur liegt in einer Entfernung von der äußeren Oberfläche um etwa ²/₃ der Spulendicke und von der unteren Kante um etwa ¾ der Spulenhöhe. Es wurde weiter im Gegensatz zu den theoretischen Überlegungen gefunden, daß die Temperatur nicht mit dem Quadrat der Stromdichte zunimmt. Die gefundenen Werte der Temperatur wurden mit denen verglichen, welche sich nach der bekannten Formel berechnen lassen. Die beste Übereinstimmung zeigt die Formel von Petroff[1]), während die Formel von Vidmar[2]) und die von Küchler[3]) wesentlich höhere Werte ergeben. Die erste Formel berücksichtigt auch den endlichen Durchmesser der Spule und gibt für die innere Oberfläche eine höhere Temperatur als für die äußere Oberfläche, was auch durch Versuche festgestellt wurde. Die Öltemperatur in der Nähe der Wicklung ist ebenfalls verschieden: sie ist unten viel niedriger als oben und an der inneren Oberfläche (Kühlkanäle) höher als an der äußeren. Das Verhältnis der höchsten Übertemperatur der Wicklung zu der mittleren Übertemperatur, gemessen mit dem Widerstandsverfahren, ergab sich zu 1,15. *Sky.*

DK 621.314.214

Zwei 25 000 kVA-Regeltransformatoren. [Nach R. Graf, E. Vontobel u. E. Peter, Bull. Oerlikon (1938) Nr. 207/208, S. 1281; 8 S., 8 Abb.]

Im Umspannwerk Galmiz werden die Netze der Entreprises Electriques Fribourgeoises und der Bernischen Kraftwerke durch zwei Kupplungstransformatoren zusammengeschlossen. Da die Spannung der einen Seite zwischen 115,5 und 133,35 kV, die der anderen Seite zwischen 134 und 152 kV schwankt, fiel die Wahl auf Dreiwicklungstransformatoren für 164 000/140 850 ± 25 350/8400 V., 25/25/7,5 MVA, Stern/Stern/Dreieck. Die Primärwicklung besitzt eine Anzapfung bei 152 000 V, die im stromlosen Zustand durch einen Umsteller eingestellt werden kann. Die Sekundärwicklung ist mit Regelwicklung und Stufenregeleinrichtung für ± 16 Stufen im Sternpunkt ausgestattet Der Eisenkern ist dreischenklig mit stumpf aufgesetzten Jochen. Die Tertiärwicklung ist als einlagige Zylinderspule hergestellt. Die Hochspannungswicklungen bestehen aus Scheibenspulen. Die Regelwicklung ist wiederum als einlagige Zylinderspule ausgebildet. Der Wähler befindet sich innerhalb des Transformatorkessels und ist am Deckel befestigt, so daß er mitsamt dem Transformator ohne Lösen von Verbindungen herausgehoben werden kann; der Lastschalter sitzt in einem eigenen Gefäß oberhalb der Sternpunktdurchführung. Die Kühlung erfolgt bei selbsttätigem Ölumlauf und natürlichem Luftstrom in besonderen Kühlerbatterien, in denen große Sammelrohre durch eine Vielzahl dünnwandiger Kupferrohre verbunden sind. Gesamtverluste 180 kW, Kurzschlußspannung 10,23%, Gesamtgewicht einschl. Öl, Stufenregeleinrichtung und Kühler 117 t. *Rei.*

[1]) Petroff, Vestn. Elektrotechniki (1930) H. 2.
[2]) M. Vidmar, Die Transformatoren, Julius Springer, Berlin 1927.
[3]) R. Kuchler, ETZ 44 (1923) S. 54.

Digitized by Google

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.65

Pumpenlose Eisengleichrichter mit Luftkühlung. [Nach Electr. Rev., Lond. 123 (1938) S. 753; 1½ S., 3 Abb.]

Auch in England werden neuerdings pumpenlose Eisengleichrichter mit Luftkühlung in Einheiten bis zu 1000 A hergestellt[1]). Die Erfahrungen haben gezeigt, daß die Herstellung mit der peinlichsten Sauberkeit erfolgen muß und die Werkstoffe dabei fortlaufend zu prüfen sind. In zwei Fällen haben Gleichrichter bei der Prüfung Rückzündungen gemacht infolge von Asbestrückständen im Gefäß bzw. von Schlackenresten in einer Schweißnaht nahe einer Anode. Die Gefäße werden in Kammern mit Preßluft von groben Fremdkörpern und in Kammern mit Unterdruck von feinsten Verunreinigungen befreit. Zur Prüfung der Gefäße auf Vakuumdichtheit dient Druckluft, wobei die Schweißnähte mit einer Seifenlösung behandelt werden, um das Auffinden von Haarrissen und porösen Stellen zu erleichtern. Es sind neuartige Anodendurchführungen von großer Dichtheit entwickelt worden; sie bestehen aus kegelförmigen Ringen von weichem Stahl, die einzeln mit einem glasierten Emailleüberzug versehen sind und zusammengebrannt werden. Solche Durchführungen haben eine hohe dielektrische Festigkeit und lassen sich leicht in die Deckel der Gefäße einbauen. Das Quecksilber wird durch Destillieren und durch eine Säurebehandlung gereinigt. Vor Einfüllen des Quecksilbers werden die Gefäße einer Warmentgasung unterworfen. Abschließend werden einige Angaben über ein Gleichrichter-Prüffeld gemacht. *E. Schu.*

DK 621.313.2.012.7

Das Drehzahlverhalten des Gleichstrommotors bei Speisung durch gittergesteuerte Gleichrichter. [Nach W. Schuisky, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 151; 3 S., 5 Abb.]

Die Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors durch gittergesteuerte Gleichrichter hat gewisse Ähnlichkeit mit der Regelung mittels Ward-Leonard-Schaltung, weil sie ebenfalls auf die Änderung der Ankerspannung beruht. Die vom Gleichrichter gelieferte Spannung ist jedoch keine reine Gleichspannung. Ihre Verzerrung ist um so größer je größer der Aussteuerungswinkel ist. Die Welligkeit der Spannung bedingt, daß die Drehzahlkennlinie des angeschlossenen Motors abweicht von der des Motors bei unveränderlicher Spannung. Die Abweichung ist außer von der Welligkeit der Gleichspannung noch von der Induktivität des Ankerkreises abhängig. Sie ist damit am größten, wenn keine Glättungsdrossel gebraucht wird. Der Motor verliert zwar dabei sein Nebenschlußverhalten und nähert sich an seinen Verhalten dem Reihenschlußmotor. Eine vorgeschaltete Drossel beeinflußt das Drehzahlverhalten im günstigen Sinne und gibt dem Motor ein Nebenschlußverhalten wieder. Die Drehzahlkennlinie besteht dann aus zwei Strecken; eine im Gebiet der kleinen Last mit einem mehr oder weniger ausgesprochen Reihenschlußverhalten ähnlich ohne Drossel, die andere im Gebiet der Nennlast mit Nebenschlußverhalten. Die erste Strecke hängt von der Größe der Glättungsdrossel ab und kann deshalb durch Wahl entsprechender Drossel auf beliebig kleinen Unterlast beschränkt werden. Bei übrigens gleichen Bedingungen ist die Drossel des 3-Anodengleichrichters etwa 3,5, die des 2-Anodengleichrichters etwa 7mal größer, als diejenige des 6-Anodengleichrichters. Will man z. B. beim letzteren das Nebenschlußverhalten bis etwa ¼-Last erreichen, so wird die Scheinleistung der Drossel etwa 0,3 der Nennleistung des Motors. *Eb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.39 : 531.719.28 : 629.13

Elektrischer Höhenmesser für Flugzeuge. [Nach L. Espenschied u. C. Newhouse, Bell. Syst. techn. J. 18 (1939) S. 222; 13 S., 5 Abb.]

Der bisher in der Luftfahrt gebräuchliche barometrische Höhenmesser zeigt bei örtlich bekannter Luftdruckverteilung die auf die Meereshöhe bezogene Flughöhe an. Die elektrischen Höhenmesser hingegen haben die Aufgabe, den wesentlich mehr interessierenden Abstand von der Erdoberfläche anzugeben. Der neu entwickelte Höhenmesser benutzt als Maß für die Flughöhe die Laufzeit kurzer elektrischer Wellen, die vom Flugzeug ausgesandt und vom überflogenen Gelände wieder zum Flugzeug zurückgespiegelt werden. Die Laufzeit beträgt z. B. bei 150 m Flughöhe nur 1 Millionstel Sekunde. Diese kurzen Zeiten werden durch ein Verfahren gemessen, dessen Prinzip schon bei den Entfernungsbestimmungen der Ionosphäre verwendet wurde: Am Flugzeug sind unter den Flügeln zu beiden Seiten des Fahrgestells der Sende- und der Empfangsdipol angebracht. Die Sendewelle wird dauernd mit konstanter Amplitude abgestrahlt, und ihre Frequenz wird dreieckförmig in langsamem Rhythmus (f_m = 80 Hz) zwischen f_{min} und f_{max} geändert. In den Empfänger gelangen zu jedem Augenblick die unmittelbar am Flugzeug entlanglaufende direkte Welle und die vom Erdboden reflektierte Welle. Da letztere jeweils um die Laufzeit früher ausgesandt wurde, unterscheiden sich beide Wellen — von den belanglos kurzen Zeiten in der Umgebung der Frequenzänderungsrichtung abgesehen — um einen Frequenzbetrag $f_D = 4\,(f_{max} - f_{min})\,f_m \cdot H/c$, der proportional der Flughöhe H ist (c ist die Lichtgeschwindigkeit). Diese Differenzfrequenz f_D wird durch Gleichrichten der beiden sich überlagernden Empfangsspannungen erhalten und mittels eines direkt anzeigenden Frequenzmessers als Flughöhe an einem geeichten Instrument angezeigt. Die mittlere Kurzwelle beträgt 65 cm, der Hub $f_{max} - f_{min}$ = 25 MHz. Die Differenzfrequenzen liegen dann für Flughöhen bis etwa 1000 m im tonfrequenten Gebiet.

Mit dem etwa 5 W starken Sender, dessen Rohr eine Triode mit doppelter Elektrodenausführung ist[1]), wird die jeweilige Flughöhe im Bereich von etwa 6 m bis 750 m über beliebigem Gelände, bis 1500 m über gleichmäßiger Oberfläche, wie ruhigem Wasser, Wiese, anzeigt. Bei diesen größeren Höhen schwankt über Wald, bewegter See und Städten die Anzeige, da die reflektierte Welle gleichzeitig von verschiedenen Stellen zurückgeworfen wird. Der gesamte Meßbereich ist umschaltbar bis 300 m und bis 1500 m ausgeführt. Das Gewicht dieses ersten Musters beträgt 30 kg. *Sfd.*

DK 621.317.39 : 531.717

Messung der Dicke von Metallplatten von einer Seite aus. [Nach A. G. Warren, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 91; 5 S., 8 Abb.]

Ein wichtiges Problem des praktischen Maschinen- und Schiffbaus ist die Messung der Dicke ausgedehnter Metallplatten, bei denen nur eine Seite zugänglich ist. Diese Aufgabe tritt uns entgegen bei der Ermittlung der Ausdehnung des Korrosionsangriffs an Schiffen und Behältern. Die Lösung dieser Aufgabe durch Anbohren der Platte ist unbefriedigend; es besteht ein Bedürfnis nach einen einfachen, zerstörungsfreien Meßverfahren. Die bisherigen elektrischen Verfahren mußten die Kenntnis der Leitfähigkeit oder der Permeabilität des Platten-Werkstoffes voraussetzen. Dabei ist man bei den Leitfähigkeits-Verfahren bereits zu guten Ergebnissen gelangt, während die magnetischen Verfahren noch an einer gewissen Unsicherheit leiden. In vielen Fällen sind die Widerstandswerte der Platten nicht genügend bekannt, um eine zuverlässige Bestimmung der Dicke zu erlauben. Dies gilt besonders für Stahl, dessen Leitfähigkeit und Permeabilität je nach der Vorbehandlung im Verhältnis 3:1 schwanken kann. A. G. Warren beschreibt ein neues Verfahren, das zwar auf Widerstandsmessung beruht, dessen Ergebnisse jedoch von der Größe des spezifischen Widerstandes unabhängig sind, da dieser während der Rechnung ausgeschieden wird. Vier Kontakte seien in einem Quadrat von der Seitenlänge a auf die Platte aufgesetzt. Über zwei benachbarte Kontakte wird Strom durch die Platte geleitet und die Potentialdifferenz zwischen den anderen Kontakten gemessen. Ist nun die Platte sehr dünn, so kann man die Stromverteilung in der Platte und die Spannung zwischen den Abnahmekontakten als zweidimensionales Gebilde berechnen. Ist dagegen die Platte beliebig dick, so kann die Potentialdifferenz zwischen den Abnahmekontakten aus der dreidimensionalen Stromverteilung errechnet werden. Es wird gezeigt, daß es darüber hinaus möglich ist, bei beliebiger Dicke der Platte die Stromverteilung und Potentialdifferenz zu berechnen. So wird es möglich, aus dem Potential an den Abnahmekontakten auf die Plattendicke zu schließen. Um aber den spezifischen Widerstand des Plattenwerkstoffes auszuscheiden, macht man zwei Messungen. Zuerst benutzt man ein Kontakt-Quadrat von der Seitenlänge a, bei der zweiten Messung dagegen ein Kontakt-Quadrat von der doppelten Seitenlänge, also $2a$. Man bildet dann das Verhältnis der beiden Spannungsablesungen an dem an die Hilfskontakte angeschlossenen Galvanometer, um auf die Dicke der Platte zu schließen. *L. Mz.*

[1]) Über die deutschen Kleineisenstromrichter hat die ETZ seit einigen Jahren laufend berichtet, zuletzt im ETZ 60 (1939) H. 9, S. 260 u. 276.

[1]) S. a. Wireless Wld. 44 (1939) S. 100.

Digitized by Google

Elektrowärme.

DK 621.365.33

Die Berechnung von Elektrodendampfkesseln mit Zylinderelektroden. [Nach A. Kirschmer, Elektrowärme 9 (1939) S. 11; 3 S., 6 Abb.]

Wegen der unübertrefflichen Einfachheit und Betriebssicherheit sind auch heute noch die meisten der aufgestellten Elektrodendampfkessel mit zylinderförmigen Elektroden ausgerüstet. Die Formeln für die Berechnung der Elektroden-Abstände und der Elektroden-Abmessungen werden entwickelt und dabei besonders darauf hingewiesen, daß der Durchmesser der Gegenelektrode d. h. also des Kessels selbst stark von der Wahl der Durchmesser der Elektroden abhängt. Häufig muß nun aus Gründen der Regelbarkeit der Elektrodendurchmesser so gewählt werden, daß sich ein Durchmesser des Außenkessels als Gegenelektrode ergibt, der praktisch nicht mehr ausführbar ist. Dies tritt vor allem bei Elektrodenkesseln mit hohen Spannungen und verhältnismäßig niedrigen spezifischen Wasserwiderständen auf. Es wird eine besondere Bauart von Elektrodenkesseln beschrieben, bei denen durch Aufstellung von Zwischenwänden mehrere Wasserräume geschaffen werden, die hydraulisch und elektrisch in Reihe geschaltet sind. Der äußerste Raum wird mit Frischwasser gespeist, während alle anderen jeweils das Abwasser des nächst äußeren als Speisewasser erhalten. Hierdurch herrscht in allen Räumen ein niedriger Salzgehalt und damit ein niedriger spezifischer Widerstand des Wassers. Der kleinste zulässige spezifische Widerstand, der sonst bei Elektrodenkesseln gewöhnlicher Bauart im ganzen Raume herrscht, wird hier nur im innersten Wasserraum erreicht. In den äußeren Räumen ist er höher. Daher kann der Durchmesser der Gegenelektrode bei gleichem Gesamtwiderstand zwischen Elektrode und Gegenelektrode kleiner sein. *Mö.*

DK 621.365.4

Geschützte Heizelemente und ihre industrielle Anwendung. [Nach M. Gautheret, Electricité 22 (1938) S. 357 u. 399; 11 S., 43 Abb.]

Die verschiedenen Bauformen elektrischer Heizelemente werden sehr ausführlich geschildert unter besonderer Berücksichtigung der Wahl des Widerstandswerkstoffs, der elektrischen Isolation und des Rohstoffes für die Umhüllung. Man unterscheidet „geschützte" und „gepanzerte" Heizkörper. Als Widerstandswerkstoff wird fast ausschließlich Nickelchrom (80% Ni, 20% Cr) verwendet, gegebenenfalls auch mit geringen Eisenzusätzen. Hinsichtlich der Formen werden Patronen-, Flach-, Ring- und Stabheizkörper sowie Heizkabel unterschieden. Von den verschiedenen Isolationsmitteln behandelt der Verfasser ausführlich Asbest, Mikanit, Magnesium-Oxyd und feuerfeste Werkstoffe wie Ton, Kaolin, Feldspat und Steatit. Bei den Heizkörpern, die auf der Magnesium-Basis aufgebaut sind, werden ausführlich die Verfahren „Calrod, Backer, Chromalox und Spyrox" behandelt. Hinsichtlich des Umhüllungswerkstoffes werden folgende Temperaturgrenzen angegeben:

Baustoff	Höchst-temperatur °C	Hauptanwendung
Kupfer	200	Flüssigkeitserhitzung
Stahl	400	Luft- und Ölheizung
Sonderstahl und Aluminiumbronze	600 ··· 680	Luftheizung
Nickel und Nickel-Legierungen	780 ··· 800	Luftheizung, Kochplatten

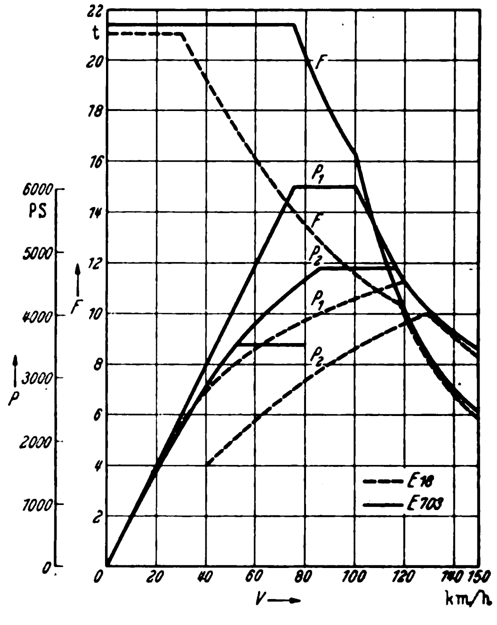
Von den Heizkabeln werden vor allem die Bauarten „Alsthom und Draka" geschildert. An Hand von einfachen Zeichnungen werden die verschiedenen Einbaumöglichkeiten der Heizkörper zur Beheizung von festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen erörtert und in Form einer Übersichtstafel die Hauptanwendungsmöglichkeiten derartiger Einbauheizkörper wiedergegeben. *Mö.*

Verkehrstechnik.

DK 621.333.012

Vergleich der Motorkennlinien der 1'Do 1'-Einphasen-Schnellzuglokomotiven der Deutschen Reichsbahn und der 2'BB 2'-Gleichstrom-Schnellzuglokomotiven der Französischen Staatsbahnen. [Nach M. M. Royer, Rev. Electr. Mécan. No. 60 (1938) S. 1; 24 S., 12 Abb.]

Der Verfasser versucht, zwischen den für etwa gleichartigen Zugdienst bestimmten Schnellzuglokomotiven E 18 der Deutschen Reichsbahn und E 703 der Französischen Staatsbahnen einen einwandfreien Vergleich hinsichtlich Charakteristik und Leistung der Motoren zu ziehen, wobei er sich bezüglich der E 18 auf die im Schrifttum veröffentlichten Angaben stützt. Die E 703 hat zwei sechspolige Drillingsmotoren; es können wahlweise 6,3 oder 2 Anker in Reihe geschaltet und damit 3 Geschwindigkeitsstufen erzielt werden, außerdem sind noch einige Feldschwächungsstufen vorgesehen. Die Nennleistung (dauernd) beträgt 6 × 725 PS bei 89 km/h. Die E 18 hat vier zwölfpolige Einzelmotoren, die ständig parallel liegen; die Geschwindigkeit kann in der bei Wechselstrom üblichen Weise durch Änderung der dem Transformator entnommenen Spannung beliebig geregelt werden. Die Nennleistung ist hier 4 × 900 PS bei 105 km/h.



F Zugkraft am Radkranz (in t)
P_1 Höchstleistung am Radkranz (in PS)
P_2 Dauerleistung am Radkranz (in PS)

Abb. 2. Zugkraft und Leistung der französischen Gleichstrom-Lokomotive E 703 und der deutschen Wechelstrom-Lokomotive E 18.

Die Leistung der Bahnmotoren wird durch die Erwärmung begrenzt; die dafür aufgestellten Regeln sind aber nach Meinung des Verfassers nicht eindeutig. Sie kann entweder unmittelbar mittels Thermometer gemessen oder aus der Widerstandszunahme errechnet werden. Das letztere Verfahren ist das genauere, läßt sich aber beim Anker nur mit einiger Vorsicht anwenden, weil die auf dem Kommutator aufliegenden Bürsten einige Spulen überbrücken. Da man ferner nur im Stillstand messen kann, vergeht nach dem Abschalten noch eine gewisse Zeit, innerhalb deren der Anker sich abkühlen kann. In den Deutschen Regeln sind hierfür längstens vier Minuten zugelassen. Der Verfasser hält auf Grund zahlreicher Versuche diese Zeit für zu lang; er empfiehlt, mehrere Messungen in kurzen Abständen hintereinander zu machen und den genauen Anfangswert durch Extrapolieren nach rückwärts zu bestimmen. Nach seinen Erfahrungen soll der Grenzwert 105° aus Widerstandsmessung nach vier Minuten durchschnittlich einen Anfangswert von 120° ergeben, und der Grenzwert 85° aus Thermometermessung nach vier Minuten etwa einen Anfangswert von 150°. Er nimmt nun für die Einphasenmotoren der E 18 die letztgenannten Werte an, also eine tatsächliche Erwärmung von 150°, rechnet dann die Gleichstrommotoren der E 703 auf denselben Wert von 150° um und gelangt so zu dem in Abb. 2 dargestellten Leistungsbild, wonach beide Maschinen oberhalb 120 km/h etwa gleichwertig sind, während darunter die Gleichstrommaschine überlegen ist. Nach dieser Rechnung beträgt das Leistungsgewicht für den Gleichstrommotor 5,85 kg und für den Wechselstrommotor 6,4 kg je kW.

Anm. des Berichters: Die Annahmen des Verfassers bezüglich des Meßverfahrens sind nicht ganz zutreffend. Auch in Deutschland wird seit längerer Zeit die Ankererwärmung aus der Widerstandszunahme bestimmt. Überdies tritt bei den Einphasenmotoren nach dem Abstellen keineswegs ein solcher Temperatursturz ein, wie ihn der Verfasser bei Gleichstrom beobachtet hat. Die Ursache liegt in der anders gearteten Ver-

Digitized by Google

teilung der Verluste. Bei Wechselstrom sind wegen der hohen Drehfrequenz die Eisenverluste im Anker größer, die Zähne haben etwa die gleiche Temperatur wie die Wicklung; nach dem Abschalten kann daher keine Wärme von Kupfer zum Eisen abwandern, bisweilen geht sogar umgekehrt ein Wärmefluß aus dem Innern des Eisenpaketes zum Kupfer, die Temperatur der Wicklung steigt dann nachträglich noch etwas an und erreicht in einigen Minuten ihren Höchstwert, der dann gerade von der Messung erfaßt wird. Auch die weiteren Schlußfolgerungen des Verfassers wären entsprechend zu berichtigen. *P. M.*

Bergbau und Hütte.

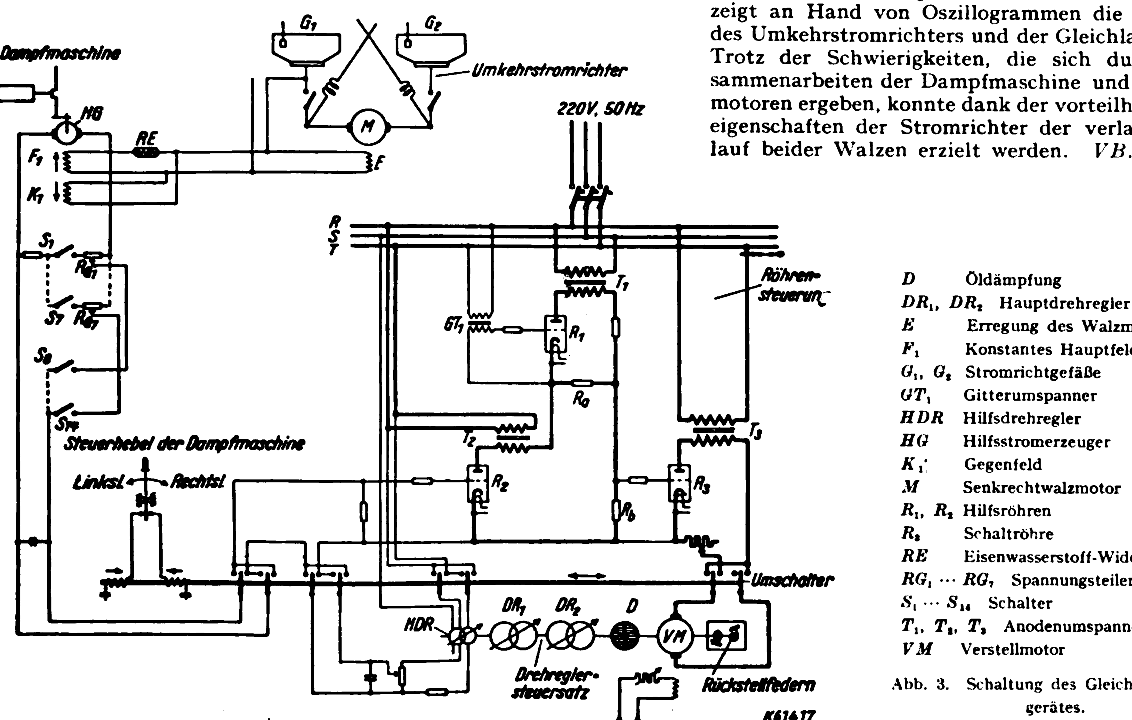
DK 621.34.07 : 621.314.58 : 621.944

Umkehrstromrichter mit Gleichlaufregelung für Universalwalzenstraße. [Nach F. Hölters u. K. Meyer, AEG-Mitt. (1939) H. 2, S. 60; 6 S., 9 Abb.]

Die günstigen Regelmöglichkeiten der Stromrichter mit Hilfe der Gittersteuerung gestatten, mannigfaltige und schwierige Regelaufgaben mit einfachen Mitteln zu lösen. Als Beispiel einer Stromrichteranlage mit besonderen Regelbedingungen wird ein Umkehrstromrichter für eine Universalwalzenstraße beschrieben. Diese Duo-Universalwalzenstraße dient zum Walzen von Breitflanschträgern und Streifen. Beim Streifenwalzen durchläuft das Walzgut gleichzeitig die hintereinanderliegenden Waagerecht- und Senkrechtwalzen. Die Waagerechtwalzen werden von einer Dampfmaschine von etwa 10 000 PS angetrieben, die Senkrecht-Stauchwalzen von 2 Gleichstromnebenschlußmotoren von je 120 kW. Um ein Rutschen und Verformen des Walzgutes bei dem gleichzeitigen Durchlaufen der beiden Walzen zu vermeiden, besteht die Aufgabe, die Drehzahl der Senkrechtwalzen abhängig von der Drehzahl der Waagerechtwalzen so zu regeln, daß ein angenäherter Gleichlauf erreicht wird. Dabei sind die verschiedene Streckung des Walzgutes in den einzelnen Stichen und die Walzrichtung (Umkehrbetrieb) zu berücksichtigen.

Die Gleichstrommotoren der Senkrechtwalzen werden von einem Umkehrstromrichter gespeist, für den luftgekühlte Stromrichtgefäße von 400 A Nennstrom und 1000 A Spitzenstrom verwendet wurden. Die Spannung des Umkehrstromrichters und damit die Drehzahl der Senkrechtwalzen wird ausschließlich mit Hilfe der Gittersteuerung geregelt. Zur Erfüllung der Gleichlaufbedingung werden die Gitterdrehregler der beiden Gefäße des Umkehrstromrichters von einem kleinen Verstellmotor verdreht, der von einer Röhrensteuerung ein- und ausgeschaltet wird. Die Schaltung der Gleichlaufsteuerung geht aus Abb. 3 hervor. Die Röhre R_3 dient zur Speisung des Verstellmotors *VM*, während die kleineren Röhren R_1, R_2 lediglich eine genaue Steuerung der Röhre R_3 ermöglichen sollen. Die Drehzahl der Dampfmaschine wird durch einen kleinen Hilfsstromerzeuger *HG* in eine verhältnisgleiche Spannung umgewandelt und dem Gitterkreis der Steuerröhre R_2 zugeführt. Die Gleichlaufsteuerung arbeitet derart, daß jeder Dampfmaschinendrehzahl eine bestimmte Stellung der Gitterdrehregler DR_1, DR_2 und damit Gleichspannung und Motordrehzahl zugeordnet ist. Nimmt die Dampfmaschinendrehzahl zu, so wird R_3 eingeschaltet, und der Verstellmotor verdreht die Gitterdrehregler entgegen dem Moment der Rückstellfedern im Sinne zunehmender Gleichspannung. Nimmt die Dampfmaschinendrehzahl ab, so ist R_3 stromlos, und der Verstellmotor wird durch die Rückstellfedern im Sinne abnehmender Gleichspannung in Richtung der Nullstellung zurückgedreht. Bei konstanter Dampfmaschinendrehzahl wird R_3 dauernd ein- und ausgeschaltet, und die Gitterdrehregler pendeln um einen festen Verstellwinkel. Die Amplituden der Pendelungen des Reglers sind so gering, daß sie in der Gleichspannung nicht in Erscheinung treten. Die Frequenz beträgt bei richtiger Abgleichung der Verstellkraft und Dämpfung etwa 10 bis 15 Hz.

Die Betrachtung des Walzbetriebes der Anlage zeigt an Hand von Oszillogrammen die Arbeitsweise des Umkehrstromrichters und der Gleichlaufsteuerung. Trotz der Schwierigkeiten, die sich durch das Zusammenarbeiten der Dampfmaschine und der Elektromotoren ergeben, konnte dank der vorteilhaften Steuereigenschaften der Stromrichter der verlangte Gleichlauf beider Walzen erzielt werden. *VB.*



D	Öldämpfung
DR_1, DR_2	Hauptdrehregler
E	Erregung des Walzmotors
F_1	Konstantes Hauptfeld von *HG*
G_1, G_2	Stromrichtgefäße
GT_1	Gitterumspanner
HDR	Hilfsdrehregler
HG	Hilfsstromerzeuger
K_1	Gegenfeld
M	Senkrechtwalzmotor
R_1, R_2	Hilfsröhren
R_3	Schaltröhre
RE	Eisenwasserstoff-Widerstand
$RG_1 \cdots RG_7$	Spannungsteiler
$S_1 \cdots S_{14}$	Schalter
T_1, T_2, T_3	Anodenumspanner
VM	Verstellmotor

Abb. 3. Schaltung des Gleichlauf-Regelgerätes.

Elektrische Antriebe.

DK 621.314.652 : 621.34 : 621.91

Gittergesteuerte Stromrichter für Werkzeugmaschinenbetrieb, insbesondere zum Betrieb von Hobelmaschinen. [Nach E. Koncar, AEG-Mitt. (1939) H. 2, S. 65; 6 S., 8 Abb.]

Der Aufsatz zeigt an einem Beispiel die Verwendung von Stromrichtern zum Betrieb von Werkzeugmaschinenmotoren mit schwierigen Betriebsbedingungen. Die Drehzahl solcher Motoren soll häufig bei Einhaltung kurzer Regelzeiten weitgehend regelbar sein. Sehr große Anforderungen stellen in dieser Hinsicht neuzeitliche Hochleistungs-Tischhobelmaschinen, deren Antriebsmotoren im Verhältnis von 1 : 10 und darüber in der Drehzahl regelbar sein müssen, wobei Umsteuerzeiten bis zu 0,3 s herab einzuhalten sind. Diese Bedingungen lassen sich erfüllen, wenn man die Hobelmaschine durch einen fremderregten Gleichstrom-Nebenschlußmotor antreibt und diesen durch einen Leonard-Umformer oder bei der im Aufsatz beschriebenen Einrichtung durch einen gittergesteuerten Stromrichter mit einer nach Größe und Richtung stetig regelbaren Spannung speist. Der Stromrichter ist als Umkehr-Stromrichter mit zwei Gefäßen in der sogenannten Kreuzschaltung ausgebildet. Mit dieser Anordnung kann die Motordrehzahl bei Arbeitslauf der Hobelmaschine ohne weiteres im Verhältnis 1 : 5 geregelt werden. Bei Rücklauf läßt sich der Regelbereich durch Feldschwächung auf 1 : 10 und darüber erhöhen.

Die Wirkungsweise des Umkehrstromrichters selbst ist als bekannt vorausgesetzt, auf frühere diesbezügliche Veröffent-

Digitized by Google

lichungen wird verwiesen. Hingegen ist der Aufbau der ganzen Anlage mit den zum Betrieb erforderlichen Schaltern, Schützen, dem motorischen Antrieb für die Gitterdrehregler usw. ausführlich beschrieben und im Gesamtschaltbild gezeigt. Das Ein- und Ausschalten von Stromrichter und Motor erfolgt durch Druckknöpfe am Bedienungsstand der Hobelmaschine von Hand aus. Die Schaltung ist hierbei so getroffen, daß keine Bedienungsfehler vorkommen können. Angelassen und gesteuert wird der Motor entweder ebenfalls durch handbetätigte Druckknöpfe (beim Einrichten der Werkstücke) oder selbsttätig durch den Hobelmaschinentisch mittels eines Anstoßsteuerschalters (während des eigentlichen Hobelmaschinenbetriebes). Durch Änderung der Drehzahl des Antriebsmotors für die Gitterdrehregler läßt sich deren Verstellgeschwindigkeit regeln. Die erreichten Drehreglerstellungen lassen sich durch verstellbare Anschläge innerhalb der zulässigen Endwerte beliebig begrenzen. Man hat es so in der Hand, die jeweils gewünschten Betriebsdrehzahlen und Umsteuerzeiten des Motors rasch und einfach einzustellen.

Beim Umsteuern des Motors treten Stromspitzen auf, welche steigen, wenn man die Umsteuerzeiten verringert bzw. wenn man die Drehzahlen erhöht, von denen aus umgesteuert wird. Der Umsteuerstrom bleibt in mäßigen Grenzen, wenn bei hohen Tischgeschwindigkeiten die Umsteuerzeiten verlängert werden, während sie bei kleinen Tischgeschwindigkeiten entsprechend kürzer sein können. Bei Verwendung geeigneter Motoren mit kleinem Schwungmoment kann man erreichen, daß die Umsteuerströme auch in ungünstigen Fällen den doppelten Nennstrom des Motors nicht übersteigen. Der theoretische Verlauf von Ankerstrom und -spannung sowie der Motordrehzahl ist in einem Kurvenbilde dargestellt. Die am meisten interessierenden tatsächlichen Umsteuervorgänge bei verschiedenen Betriebsverhältnissen sind aus Betriebsoszillogrammen zu erkennen.

Der Hauptvorteil einer Stromrichteranlage für Hobelmaschinenbetrieb besteht darin, daß dieser den jeweiligen Arbeitsbedingungen leicht angepaßt werden kann. Dazu kommt, daß man die Leerlaufverluste der Anlage, die an sich geringer sind als die eines Leonard-Umformers, auf ein Mindestmaß herabdrücken kann. Um dies zu erreichen, schaltet man den Stromrichter nur dann ein, wenn die Hobelmaschine arbeiten soll, und hält ihn bei Betriebpausen, Aufspannen der Werkstücke usw. drehstromseitig abgeschaltet, während ein Leonard-Umformer erfahrungsgemäß leer weiterfährt. Bemißt man schließlich Stromrichter und Motor für genügend hohe Nennspannungen 440 bis 500 V, bei großen Leistungen noch höher, so werden sehr gute Gesamtwirkungsgrade der Anlage erzielt. *eb.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.395.44 : 621.315.21.054.3

Trägerwellentelephonie über pupinisierte Kabel. [Nach F. de Fremery und G. J. Levenbach, Philips. techn. Rdsch. 4 (1939) S. 10; 4¼ S., 4 Abb.]

Um Fernsprechkabel möglichst wirtschaftlich ausnutzen zu können, werden Trägerfrequenzsysteme und pupinisierte Kabel benutzt. Die genaue Durchforschung beider Möglichkeiten ergab, daß Trägerwellentelephonie und Pupinisierung bis zu einem gewissen Grade einander ausschließen, so daß ein Kompromiß gesucht werden mußte. Hierbei waren verschiedene Gesichtspunkte maßgebend, welche bei der Fortpflanzung von Schwingungen längs eines Leiters wichtig sind.

Eine zusammengesetzte Schwingung, z. B. die Sprache, wird bei der Fortpflanzung längs des Kabels in zunehmendem Maße geschwächt und verzerrt, da bekanntlich die Dämpfung frequenzabhängig ist. Wählt man bei einem Kabel die Induktanz ωL so groß, daß sie den ohmschen Widerstand R wesentlich übersteigt, so wird die Dämpfung frequenzunabhängig, und jede nichtlineare Verzerrung wird vermieden. Dies erreicht man bei Anwendung von Pupinspulen nur so lange, als die Wellenlänge in einem bestimmten Frequenzgebiet groß ist gegen die Entfernung s zwischen zwei Pupinspulen. Oberhalb dieses Frequenzgebietes steigt bei einer bestimmten Frequenz ω_0 die Dämpfung steil an, so daß die Spule hier wie ein Tiefpaßfilter wirkt, dessen Grenzfrequenz durch Gl. (1)

$$\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{s\, L_s\, C}} \tag{1}$$

gegeben ist. Hierin ist L_s die Spulenfeldinduktivität, C die Kapazität und s die Spulenfeldlänge. Durch die Frequenzabhängigkeit ist bedingt, daß Kabel mit hoher Belastung für die Trägerwellentelephonie nicht in Frage kommen. Bei der Anwendung von pupinisierten Kabeln für Trägerfrequenzübertragung müßten nun unter Umständen eine größere Anzahl von Linienverstärkern oder dickere Kupferquerschnitte benutzt werden.

Schwächere Pupinisierung vermindert die Verzerrungen. Außer diesen wirken sich aber nun mehr die Laufzeiteffekte aus, sobald Schwingungen verschiedener Frequenzen auf das Kabel gegeben werden, die sich im allgemeinen mit ungleicher Geschwindigkeit fortpflanzen. Die dadurch auftretende Phasenverzerrung, welche nicht größer als 15 ms nach dem CCIF sein darf, kann durch entsprechende Netzwerke ausgeglichen werden, und es zeigte sich, daß auch hier für Trägerwellentelephonie die Belastung der Kabel in den Grenzen von 3 bis 20 mH liegen muß.

Kann man nun für Fernverbindungen schwach pupinisierte Kabel für Trägerwellentelephonie ohne große Verluste durch Dämpfungen verwenden, so fragt es sich, ob für Nahverbindungen sich dies ebenfalls noch lohnt, weil ein Kabel mit 2,8 mH Belastung und 0,9 mm Kupferdurchmesser eine Dämpfung von 0,12 N/km besitzt, während eine Pupinleitung, welche mit 177 mH belastet ist, nur 0,02 N/km hat. Man müßte also im ersteren Fall 6 mal soviel Verstärker verwenden als im zweiten, um denselben Nutzen zu erreichen. Günstiger wird die Lage, wenn man den Phantomkreis benutzt, wie in der Arbeit von Levenbach gezeigt ist. Abschließend wird dann noch einmal auf die Wirtschaftlichkeit dieser Dinge hingewiesen, welche die Anwendungen abgesehen von den elektrischen Bedingungen in bestimmte Grenzen einengen. *Hsr.*

Theoretische Elektrotechnik.

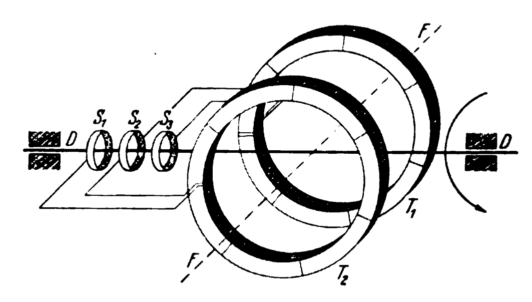
DK 537.213

Über das Vektorpotentialfeld und elektrische Feld stromumflossener Toroide. [Nach G. Schenkel, Dissertation T. H. Hannover 1938. Teil I: Ann. Phys., Lpz. 34 (1939) S. 541; 20 S., 8 Abb.]

Die auf ruhende Körper einwirkende elektrische Feldstärke $\mathfrak{E}$ läßt sich bekanntlich aus dem elektrostatischen Skalarpotential φ und dem elektromagnetischen Vektorpotential $\mathfrak{A}$ berechnen nach der Gleichung

$$\mathfrak{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial t} - \operatorname{grad} \varphi .$$

Der durch lokale zeitliche Änderungen des Vektorpotentials $\mathfrak{A}$ hervorgerufene elektrische Induktions-Feldstärkeanteil $-1/c \cdot \partial\mathfrak{A}/\partial t$ kann dadurch erzeugt werden, daß entweder andere, ebenfalls ruhende Systeme von einem zeitlich veränderlichen Strom durchflossen werden, oder dadurch, daß Magnete oder von Gleichstrom durchflossene Systeme bewegt werden. Ziel der Arbeit war der experimentelle Nachweis des Feldstärkeanteils $-1/c \cdot \partial\mathfrak{A}/\partial t$ im zweiten Falle bei einer besonderen Anordnung (Abb. 4).



T_1, T_2 Ringmagnete DD, FF Achsen S_1, S_2, S_3 Schleifringe

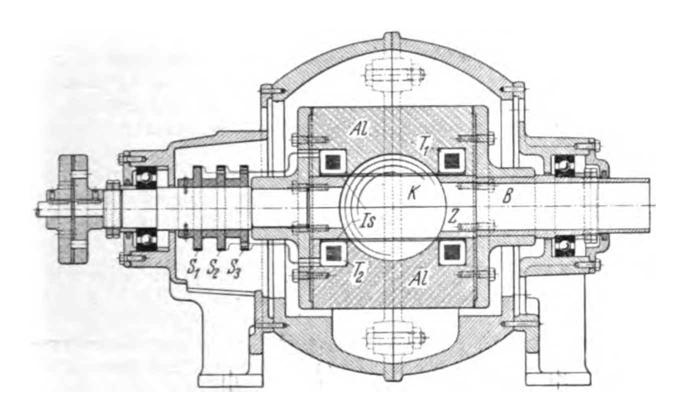
Abb. 4. Schema der Anordnung zum Nachweis des elektrischen Induktionsfeldes rotierender Gleichstromtoroide.

Zwei gleichstromumflossene Toroide (Ringmagnete) T_1 und T_2 rotieren um eine zu ihrer gemeinsamen Figurenachse FF senkrechte Achse DD. Die Toroide erzeugen ein den ganzen Raum erfüllendes Vektorpotentialfeld $\mathfrak{A}$, welches bei der Rotation mitgenommen wird. Daher entstehen an im Ruhsystem festgehaltenen Punkten zeitliche Änderungen des Vektorpotentials, d. h. es tritt eine elektrische Feldstärke $-1/c \cdot \partial\mathfrak{A}/\partial t$ auf. Um diese nachzuweisen, wird ein geeigneter Prüfkörper längs der Drehachse DD in den Raum zwischen den rotierenden Toroiden eingeführt und das in ihm induzierte und hinreichend

Digitized by Google

verstärkte elektrostatische Wechselpotential gemessen. Einzelheiten der Rotationsapparatur zeigt Abb. 5.

Für die Berechnung des von den rotierenden Toroiden erzeugten elektrischen Feldes ist die Kenntnis des Toroid-Vektorpotentials erforderlich. Im I. Teil der Arbeit wird daher das Vektorpotentialfeld verschiedener Toroidformen berechnet: Ausgehend von der Integraldarstellung des Vektorpotentials werden schnell konvergierende Ringfunktionenreihen für das Vektorpotential des Toroides mit kreisförmigem Querschnitt angegeben. Auf Grund eines vektoranalytischen Satzes ergeben sich Reihenentwicklungen und eine geschlossene Darstellung



Al Aluminiumzylinder *K* Beobachtungsraum
B Öffnung zur Einführung der Prüfkörper *Z* zylindrischer Kanal

Abb. 5. Längsschnitt der Rotationsapparatur.

durch elliptische Integrale für das Vektorpotentialfeld eines unendlich dünnen Torus' und das des Torus' mit quadratischem Querschnitt. Schließlich wird ein numerischer Vergleich der berechneten Vektorpotentialfelder äquivalenter Toroide gegeben.

Der II. Teil bringt Einzelheiten des Versuchs: In dem 50 Hz-Wechselfelde eines großen Plattenkondensators wird ein Verfahren zur Messung kleiner elektrischer Wechselfeldstärken entwickelt. Mittels dieses Verfahrens gelang es, die elektrische Induktionsfeldstärke — $1/c \cdot \partial \mathfrak{A}/\partial t$ in der Umgebung ruhender Wechselstromtoroide unmittelbar nachzuweisen. Eine von den rotierenden Gleichstromtoroiden erzeugte elektrische Feldstärke dagegen war in der vorliegenden Anordnung nicht nachweisbar, obwohl noch $^1/_{100}$ der zu erwartenden Feldstärke ($4{,}7 \cdot 10^{-3}$ V/cm) hätte gemessen werden können. Es wird in der Arbeit die Vermutung ausgesprochen, daß das zu messende Induktionsfeld $-1/c \cdot \partial \mathfrak{A}/\partial t$ in den die Toroide umgebenden Leitern Ladungsverteilungen hervorruft, die ihrerseits im ganzen Raume ein elektrostatisches Feld — grad φ erzeugen, welches das gesuchte Feld gerade aufhebt. (Diese Vermutung hat sich inzwischen als in Strenge richtig erwiesen). *eb.*

DK 621.316.5.015.34

Wanderwellen bei Schaltvorgängen. [Nach L. V. Bewly, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect., S. 18; 9½ S., 13 Abb.]

Wanderwellen wurden meist in Verbindung mit Blitzüberspannungen behandelt. Bei Schalten elektrischer Leitungen treten jedoch ebenfalls Lade- und Entladewellen auf, welche von dem quasistationären Zustand vor der Schalthandlung ihren Ausgang nehmen. Zu ihrer Berechnung gibt es mehrere Verfahren, die je nach der gestellten Aufgabe zweckmäßig anzuwenden sind.

Nach dem ersten Verfahren wird der bekannte Kunstgriff angewandt, daß das Ausschalten eines Schalters ersetzt wird durch Überlagerung eines Stromes im Schalter, der gleich groß, jedoch entgegengesetzt dem Betriebsstrom im Schalter gerichtet ist. In entsprechender Weise wird an Stelle des Einschaltens eines Schalters eine Spannung an den Schalterklemmen plötzlich entstanden gedacht, welche wiederum der Spannung an den Schalterklemmen entgegengesetzt gerichtet ist. Die durch diese Überlagerung entstehenden Wanderwellen sind leicht zu berechnen und ergeben zusammen mit dem Zustand des Netzes vor der Schalthandlung die endgültige Spannungs- und Stromverteilung. — Für die Aufstellung allgemein gültiger Gleichungen wird ein Sammelschienensystem mit mehreren Freileitungen und Energiequellen (Generatoren und Transformatoren) zugrunde gelegt, von dem eine weitere Freileitung zu- oder abgeschaltet wird. An Hand eines einfachen Schemas können für verschiedene typische Fälle die Wanderwellenvorgänge und ihre Reflektionen an den Enden leicht verfolgt werden. So ergibt sich beim Abschalten einer kurzgeschlossenen Gleichstromleitung eine maximale Spannung vom 4fachen der Normalspannung an den Klemmen des am Ende der Leitung liegenden Schalters, wenn der Widerstand des Stromkreises $R = {}^1/_4$ des Wellenwiderstandes z der Leitung beträgt. Beim Einschalten einer Wechselstromleitung ergibt sich für einen Wert $Tz/L = 0{,}4$ etwa die doppelte Spannung, welche für größere Werte von Tz/L (T Laufzeit der Wanderwelle, L Induktivität der Energiequellen) im ungünstigsten Falle auf das 2,5fache ansteigt. Entsprechend kann beim Synchronisieren in Phasenopposition die 3- bis 4fache Normalspannung entstehen.

Man kann nach dem zweiten Verfahren die Wanderwellen auch direkt nach den Impedanzen des Netzes, den Spannungen und Strömen aller Leitungen und Energiequellen rechnen, kommt aber letzten Endes auf dieselben Gleichungen wie bei dem Überlagerungsverfahren. In einigen Fällen ist das dritte Verfahren praktischer, nach dem man sich den quasistationären Zustand vor der Schalthandlung durch zwei entgegengesetzt laufende Wanderwellen ersetzt denkt. Wird nun der Stromkreis an irgendeiner Stelle durch eine Schalthandlung geändert, so bewegt sich die von diesem Punkt weglaufende Welle ohne Störung weiter, während die auf den Punkt zulaufende Welle an dieser Stelle eine Reflektion erleidet, welche nach den normalen Wanderwellengesetzen berechnet werden kann. An einem einfachen Beispiel (plötzliches Erden einer geladenen Leitung) wird gezeigt, daß dieses Verfahren das gleiche Ergebnis bringt wie das Überlagerungsverfahren. An weiteren Beispielen sieht man, daß es u. U. schneller zum Ziele führt. So wird gezeigt, daß beim Ein- und Ausschalten eines Widerstandes von 100 Ω in der Mitte einer längeren Leitung zwei Paare von Wanderwellen entstehen, welche im Falle des Abschaltens zur 4fachen Spannung führen.

In der Diskussion weisen Evans und Monteith darauf hin, daß die Wanderwellenvorgänge nicht ohne Berücksichtigung des Schaltvorganges selbst, seien es nun Schalter, Sicherungen oder Löschrohre, behandelt werden dürfte. Es sei schwierig, bei diesen theoretischen Verfahren die Einflüsse des Lichtbogens u. ä. mit zu berücksichtigen. Richtiger sei daher ihr experimentelles Verfahren der Ermittlung der wiederkehrenden Spannung an einem Netzmodell[1]). Carpenter bringt das Oszillogramm von der wiederkehrenden Spannung eines Löschrohrableiters, welcher am Anfang einer 100 km langen Leitung geschaltet hat. Die gemessene Kurve stimmt sehr genau mit einer berechneten Kurve überein, obwohl eine Reihe von Vereinfachungen für die Rechnung eingeführt werden mußte. *W.Kn.*

Physik.

DK 538.244 : 621.319.4

Magnetisierung mit Hilfe von Kondensatorentladungen. [Nach A. E. Dietz, Teleph. Engr. 42 (1938) S. 15; 1½ S., 3 Abb.]

Zur Erzeugung eines Dauermagneten bringt man den zu magnetisierenden Kern entweder zwischen die Pole eines kräftigen Elektromagneten oder man läßt eine von starkem Strom durchflossene Spule auf ihn einwirken. In Fällen, in denen eine derartige Spule wegen der Form des Kerns für jedes einzelne Stück gewickelt und nach der Magnetisierung wieder entfernt werden muß, ist man naturgemäß bestrebt, die Zahl der Windungen möglichst niedrig zu halten. Man ist dann gezwungen, mit sehr hohen Strömen zu arbeiten, die aber wegen der starken Erhitzung der Spulendrähte nur kurzzeitig fließen dürfen. Bei dem hier beschriebenen Gerät werden solche hohen Ströme von kurzer Dauer dadurch erzielt, daß 400 parallelgeschaltete, auf 350 V aufgeladene Elektrolytkondensatoren von je 8 µF über die Magnetisierungsspule entladen werden. Die für die Magnetisierung schädliche Ausbildung einer elektrischen Schwingung wird dadurch verhindert, daß ein Quecksilberdampf-Gleichrichter mit Zündelektrode in den Entladekreis eingeschaltet wird. Mit dem Gerät, das etwa die Größe eines Handkoffers hat, sind Magnetisierungsströme bis zu 4000 A erzielt worden. *Rtg.*

[1]) Ref.: ETZ 60 (1939) H. 5, S. 135.

Digitized by Google

DK 537.312.6

Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes von Kupfer und Aluminium bis zum Schmelzpunkt. [Nach A. Avramescu, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 26; 4 S., 4 Abb.]

Die Widerstandsänderung von Leitungskupfer und Leitungsaluminium wurde versuchsmäßig bis zum Schmelzpunkt des Werkstoffes untersucht. Drahtförmige Versuchsproben wurden auf besondere Kerne aus feuerfestem Ton gewickelt und in einem Platinbandofen auf stationäre Temperaturen gebracht. Die Widerstandsänderung wurde mit der Thomsonschen Brückenschaltung gemessen. Um die Oxydation der Proben zu vermeiden, wurde im Ofen eine neutrale (Stickstoff-)Atmosphäre aufrechterhalten. Es wurden sogenannte jungfräuliche Kurven für den kaltgezogenen Draht aufgenommen und die Versuche dann mit den ausgeglühten Proben fortgesetzt, um allgemein gültige, vom Querschnitt und von der Bearbeitung unabhängige Werte zu erhalten. Aus mehreren Versuchen ergab sich dabei das Widerstandsverhältnis zwischen der Temperatur ϑ und der Temperatur 0° C, das bei 500° C mit einer Genauigkeit von ± 0,4 %, bei 1000 °C mit ± 0,5 % gilt und durch stetige Kurvenzüge dargestellt wurde. Die vom Verfasser nachträglich mitgeteilten und hier erstmalig veröffentlichten Versuchswerte kann man aus Zahlentafel 1 entnehmen. Dabei sind auch die Werte des Verhältnisses der spezifischen Widerstände eingetragen, berechnet aus der Formel

$$\frac{\varrho_\vartheta}{\varrho_0} = \frac{R_\vartheta}{R_0} f(\vartheta),$$

worin $f(\vartheta)$ die Temperaturfunktion der linearen Ausdehnung ist.

Zahlentafel 1.

Temperatur °C	Widerstandsverhältnis	Temperaturfunktion des spez. Widerstandes
	Kupfer	
100	1,426	1,4502
200	1,859	1,8651
300	2,301	2,3130
400	2,750	2,7695
500	3,196	3,2258
600	3,650	3,691
700	4,126	4,185
800	4,620	4,683
900	5,130	5,223
1000	5,700	5,819
	Aluminium	
100	1,404	1,4068
200	1,808	1,8168
300	2,238	2,2256
400	2,692	2,7205
500	3,187	3,2312
600	3,698	3,7498

Die Versuchskurven kann man durch die folgenden quadratischen Ausdrücke mit hoher Genauigkeit wiedergeben[1]).

$$\frac{R_\vartheta}{R_0}\,(\mathrm{Cu}) = 1 + 0{,}4225 \cdot 10^{-2} \cdot \vartheta + 0{,}375 \cdot 10^{-6} \cdot \vartheta^2$$

$$\frac{R_\vartheta}{R_0}\,(\mathrm{Al}) = 1 + 0{,}3850 \cdot 10^{-2} \cdot \vartheta + 1{,}05 \cdot 10^{-6} \cdot \vartheta^2$$

$$\frac{\varrho_\vartheta}{\varrho_0}\,(\mathrm{Cu}) = 1 + 0{,}4241 \cdot 10^{-2} \cdot \vartheta + 0{,}453 \cdot 10^{-6} \cdot \vartheta^2$$

$$\frac{\varrho_\vartheta}{\varrho_0}\,(\mathrm{Al}) = 1 + 0{,}3867 \cdot 10^{-2} \cdot \vartheta + 1{,}10 \cdot 10^{-6} \cdot \vartheta^2.$$

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden mit Werten anderer Verfasser verglichen. *Vb.*

[1]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 985.

Chemie.

DK 621.357.13.001

Theoretische Grundlagen der Schmelzelektrolyse. [Nach G. Angel, Tekn. T. 68 (1938) S. 73; 6 S., 3 Abb.]

Durch Elektrolyse geschmolzener Verbindungen werden außer Aluminium auch Magnesium, Natrium, Beryllium, Cer-Mischmetall (für die Reibzünder) u. a. erzeugt. Der schwedische Fachmann Gösta Angel bespricht in seiner Übersicht zunächst die Gültigkeit des Faradayschen Gesetzes der Elektrolyse auch für geschmolzene Elektrolyte, das Leitvermögen, die Zersetzungsspannungen und die Einflüsse, welche durch Neben- und Folgereaktionen die Ausbeute an Metall vermindern, in besonderen die Zerstäubung und die Bildung von Subchloriden. Er schildert dann in großen Zügen den Bau der Bäder und die Arbeitsweise, welche von Fall zu Fall den Eigenarten des zu gewinnenden Metalles und des Elektrolyten angepaßt werden muß, damit man wirtschaftlich arbeitet. Gegenüber den thermischen Verfahren sind die Einheiten bei der Schmelzelektrolyse klein. Die größten Aluminiumbäder verbrauchen 55 000 A bei 5,5 V, also 300 kW, während elektrische Öfen für Kalziumkarbid bis 30 000 kW aufnehmen. Aber elektrothermisch erhält man nur ein (besonders mit Karbid) zu stark verunreinigtes Aluminium, und die Gewinnung von Magnesium durch Reduktion von Magnesia mit Kohle bei höchster Glut und darauf folgende Destillation begegnet heute noch wegen der Explosionsgefahr großer Schwierigkeiten. *K. A.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 620.191.001.4

Einflußgrößen bei Korrosionsversuchen. [Nach A. Portevin, Stahl und Eisen 58 (1938) S. 1421; 8 S. (u. 3 S. Diskussion), 6 (u. 4) Abb.]

Die wissenschaftliche Forschung hat bisher die Korrosionserscheinungen noch nicht in allen Einzelheiten klären können. Eine genaue, möglichst objektive Kennzeichnung aller Versuchsbedingungen und -ergebnisse ist daher eine notwendige Forderung, um Korrosionsversuche wirklich wertvoll zu gestalten. Portevin hat folgende Versuchsbedingungen ausgearbeitet, die hauptsächlich zwei grundsätzlichen Forderungen genügen sollen, die man an eine Prüfung stellen muß: Zuverlässigkeit und Wiederholbarkeit des Versuchs nach Zeit und Umfang und Erbringung eines kennzeichnenden Ergebnisses.

I. Kennzeichnung und Auswahl des anfänglichen Oberflächenzustandes. Da die Korrosion an der Oberfläche ansetzt, ist diese genau zu beschreiben, vor, während und nach der Korrosion, und zwar in dreifacher Richtung:

1. Geometrisch: a) Durch Aufzeichnen des Oberflächenprofils, vor der Korrosion mechanisch durch optische Verfahren[1]), nach der Korrosion — da das mechanische Verfahren nur für wenig rauhe Oberflächen geeignet ist — durch Aufzeichnung des Oberflächenprofils nach Punkten; b) durch Bestimmen des mittleren Rauminhalts der Korrosionsgrübchen (die oberflächlichen Hohlräume werden mit Paraffin ausgefüllt und nach Herauslösen und Verdampfen des Lösungsmittels das Gewicht des Paraffins bestimmt); c) durch Bestimmung der Festigkeitseigenschaften.
2. Physikalisch: Durch Ermittlung der Oberflächenveränderung (Kaltverformung, Stauchung, Rekristallisation, Amorphwerden).
3. Chemisch: Durch Prüfung vor der Korrosion auf Walzzunder und Oxydhäute (bei passivierten Oberflächen muß der dünne unsichtbare Oxydfilm durch Elektronenbeugung, Lösungspotential, Passivierungskurven oder mikroskopischen Prüfung festgestellt werden), während und nach der Korrosion durch Bestimmen der Reaktionserzeugnisse, Gewichtsverluste (Entzinkung, Entkohlung) oder Gewichtszunahme (Oxydation).

Kennzeichnungen wie poliert oder gewalzt vor der Korrosion und oxydiert oder Grübchenbildung nach der Korrosion sind unzulänglich. Eine eindeutige Beschreibung des Oberflächenzustandes nach allen drei Richtungen ist aber äußerst schwierig. Eine polierte Oberfläche ist geometrisch wohl definiert, physikalisch aber unbestimmt, da das mechanische Polieren eine kaltverformte Oberflächenschicht, eine amorphe Beilbyschicht und oft noch Oxydhäute zur Folge hat, deren Dicke unbestimmt ist. Physikalisch gut gekennzeichnet ist eine abgeätzte Oberfläche, jedoch ist dann wieder eine genaue geometrische Bestimmung des Rauhigkeitsgrades der Oberfläche notwendig. Den Ausgangszustand der Oberfläche wählt man dem Zweck des Versuchs entsprechend. Bei betriebsmäßigen Proben wird das Metall im Verwendungszustand geprüft; soll nur das Verhalten des Metalls ohne Rücksicht auf besondere Oberflächenbehandlung beurteilt werden, eignet sich die sandgestrahlte Oberfläche. Daß die Beschaffenheit der Oberfläche großen Einfluß auf die Korrosion hat, zeigt Portevin an Versuchen mit Stahl, wobei Zusätze von 2% Cr und 1% Al bei der Korrosion sich nur günstig bemerkbar machen, wenn die Oberfläche passiviert

[1]) Métaux 12 (1937) S. 210 u. 13 (1938) S. 43.

Digitized by Google

ist; bei Gegenwart von Zunder zeigt der Stahl dasselbe Verhalten wie sehr weicher Siemens-Martin-Stahl.

II. Probeentnahme und Rolle der Seigerungen. Schnittkanten und Ecken begünstigen bekanntlich den Korrosionsangriff. Zerreißstäbe sind also nach der Korrosion aus dem Blech zu schneiden. Seigerungen müssen bei der Probeentnahme berücksichtigt werden. Bei Säurekorrosion ist ihr Einfluß sehr groß (beruhigter Stahl hat dreimal weniger Gewichtsverlust als unberuhigter), bei Korrosion in Salzwasser ist der Einfluß der Seigerungen besonders der Elemente Phosphor und Schwefel viel geringer; bei Seewasser-Wechseltauchversuch ist sogar eine schützende Wirkung geringer Phosphorgehalte festzustellen, ebenso wie ein Phosphorzusatz das Rosten an der Luft verlangsamt, ein Schwefelgehalt (0,17%) es aber leicht beschleunigt.

K. Daeves weist in der sich dem Vortrag von Portevin anschließenden Erörterung auf die Überschätzung des Einflusses der Seigerungen auf die Korrosion hin. Nur bei Säurekorrosion und im Kurzzeitversuch spielen Seigerungen eine Rolle. Die Vorschrift, Nietmaterial nur aus seigerungsfreiem, also beruhigtem Stahl herzustellen, hält Daeves für unberechtigt, da nach seiner Erfahrung die häufig auf der Höhe des Nietkopfes auftretende Korrosion nichts mit der dort befindlichen Seigerzone zu tun hat, sondern von dem durch den Döpper an der Stelle bevorzugt eingeschlagenen Zunder hervorgerufen wird.

III. Einfluß des Zunders und der Passivierung. Eine verzunderte Oberfläche verstärkt den örtlichen Korrosionsangriff durch örtliche Elementbildung (Potentialgefälle in H_2SO_4:rd. 1 V, in n/2 HCl:0,8 V) und macht selbst den bei den halbrostbeständigen Stählen günstigen Einfluß der Zusatzelemente (unter ¾%) unwirksam. Dagegen verringern die unsichtbaren Oxydhäute, die sich bei der Passivierung der Stähle bilden, ob künstlich oder selbstbildend, den Korrosionsangriff.

IV. Einfluß der Versuchsbedingungen und Eichung der Versuche. Um die Fehlerquellen möglichst auszuschalten, die durch Schwankungen der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, der zeitlichen Aufeinanderfolge von Eintauchen und Herausnehmen der Probe, der Feinheit des Sprühregens und der Art und Konzentration des Angriffmittels entstehen, hat Portevin zwei Geräte für Wechseltauch- und Sprühregenversuche ausgebildet[1], mit denen es gelingt, die Streuung der Versuchsergebnisse von ungefähr 30% auf 10% und weniger herabzusetzen. Außerdem bewährt sich die Verwendung von Eichproben, wie man sie bei chemischen und mechanischen Prüfungen anwendet. Portevin benutzt für seine Versuche Proben aus sehr weichem Siemens-Martin-Stahl.

V. Reinigung nach dem Versuch und Kennzeichnung des Oberflächenzustandes. Um den Gewichtsverlust und Ausbildung der Oberfläche nach dem Versuch feststellen zu können, muß man die Korrosionserzeugnisse vom Metall sorgfältig trennen. Mechanische Reinigungsverfahren, wie Reiben und Bürsten, sind ungünstig, da sie die Oberfläche beschädigen. Am besten sind chemische oder elektrochemische Verfahren, wie Abheben der Korrosionserzeugnisse durch Entwickeln von Wasserstoff oder Auflösen in geeigneten Lösungsmitteln.

Die räumliche Beschaffenheit der korrodierten Oberfläche zahlenmäßig zu erfassen, ist sehr schwierig. P. hat, um eine möglichst objektive Beurteilung zu gewährleisten, eine Auswertung für seine Versuche ausgearbeitet. Er gewinnt aus der punktförmigen Aufnahme der Oberflächengestalt ein idealisiertes Profil, greift die Wellenbewegung, die durch die größten Unebenheiten in der Oberfläche gebildet wird, heraus, ermittelt die größte Höhe dieser Wellen, die mittlere Größenordnung der Unebenheiten und den mittleren Abstand zweier Berge voneinander.

VI. Prüfung der Korrosionserzeugnisse. Die Bestimmung der Korrosionserzeugnisse ist wichtig zur Erforschung des Korrosionsablaufs. Häufig tritt Elementbildung und dadurch verstärkter Korrosionsangriff erst während des Korrosionsvorgangs auf durch die sich bildenden Korrosionsprodukte. Von den Oxydationserzeugnissen verursacht der wasserhaltige Magnetit stärker noch als Rost tiefe Korrosionsnarben. Auch die wechselnde Zusammensetzung des am Meer gebildeten Rostes (20 bis 50% Kieselsäure und $CaCO_3$) beeinflußt die Geschwindigkeit und Art der Korrosion. Für die unter Umständen mit dem Inhalt eines Rostgrübchens auszuführenden Analysen hat Portevin ein Verfahren für Mikroproben ausgearbeitet[2]). Schließlich wäre auch der Einfluß der Bakterien in den Gewässern auf die Korrosion zu prüfen.

[1]) A. Portevin u. E. Herzog: 14. Congrès de Chimie Industrielle, Oktober 1934, Paris. Bd. II, S. 519.
[2]) A. Portevin u. A. Leroy, C. R. Acad. Sci., Paris 206 (1938) S. 518.

VII. Vergleich der Laboratoriumsversuchsergebnisse mit dem Betriebsverhalten. Die Übereinstimmung der Laboratoriumsversuchsergebnisse mit denen des Betriebes ist von größter Bedeutung, doch stehen dieser Verwirklichung noch große Schwierigkeiten entgegen, da gerade die Zeitdauer eine wichtige Rolle bei Korrosionsvorgängen spielt. So sind z. B. die Eigenschaften einer im Kurzversuch gebildeten Rostschicht andere als die bei Langzeitversuchen. In der anschließenden Erörterung macht K. Daeves darauf aufmerksam, daß es für die internationale Austauschbarkeit von Korrosionsergebnissen wichtig sei, die Korrosivität der verschiedenen Gegenden festzustellen. *Mg.*

DK 621.364 : 621.791.736 : 669.71/.72

Schweißen dünner Leichtmetallbleche durch Widerstands-Schmelzschweißung. [Nach K. G. Gabler, Z.VDI 82 (1938) S. 1399; 1½ S., 8 Abb.]

Dünne Leichtmetallbleche unter 0,8 mm Dicke stumpf aneinander zu schweißen erlaubt ein Verfahren von Weibel. Durch Wechselstrom von 200 bis 500 A und 4 bis 9 V Spannung werden 2 verstellbare Kohleelektroden zum Erhitzen gebracht und dienen zum Vorwärmen des Schweißgutes, welches dann durch den Strom zum Schmelzen gelangt und in die Naht, ebenso wie bei der Gasschweißung, hineinfließt. Das Schweißgut bilden entweder die aufgebördelten Blechränder oder ein vorgerichteter Zusatz der in die abgeschrägte Naht eingelegt wird. Die keilförmig gestellten Elektroden gleiten ohne Druck am Schweißgut entlang und bringen es zum Schmelzen. Dabei tritt kein Lichtbogen auf, so daß ein Blendschutz nicht nötig ist. Bei Verarbeitung dickerer Bleche bietet eine nur wenig gedunkelte Brille Hilfe um den Schmelzvorgang gut verfolgen zu können. Zur Vermeidung von Oxydation wird die Unterseite der Naht mit einem Flußmittel bestrichen. Der Schweißverlauf ist stetig ohne Unterbrechung, und die Schweißgeschwindigkeit beträgt 0,6 bis 1,0 m/min. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist die Unabhängigkeit des Arbeitsplatzes, da keine feste Einspannung des Werkstückes nötig ist. Die Untersuchungen der Schweißnähte verschiedener Leichtmetallegierungen sollen gute Bindung des Schweißgutes und gleichmäßiges Gefüge in den Nähten ergeben haben, wobei auf die nur geringfügig auftretenden Verwerfungen hingewiesen wird, da der Wärmeeinfluß beiderseits der Naht eng begrenzt ist. *Nf.*

Praktische Mathematik.

DK 534.151 : 621.3.029

Ein Gerät zur Überlagerung von Sinuslinien. [Nach A. Walther, H.-J. Dreyer und H. Estenfeld, Z. Instrumentenkde. 59 (1939) S. 162; 5½ S., 11 Abb.]

Häufig kommt die Aufgabe vor — z. B. zur Probe einer harmonischen Analyse —, Sinuslinien, deren Frequenzen sich wie ganze Zahlen verhalten, deren Amplituden und Phasenlagen

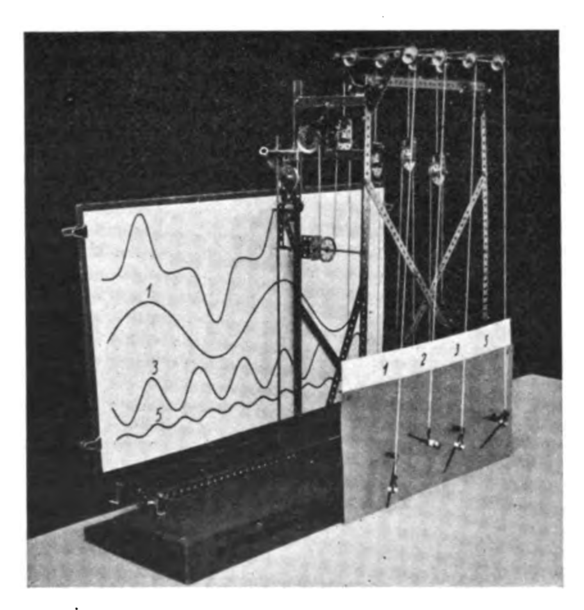


Abb. 6. Ansicht des „Schwingungsüberlagerers Darmstadt"

Digitized by Google

hingegen beliebig sind, rasch und bequem zusammenzusetzen. Der „Schwingungsüberlagerer Darmstadt" (Abb. 6) erzeugt Sinusbewegungen dadurch, daß von Drehzeigern durch je einen Kettentrieb ähnlich dem Schubkurbeltrieb näherungsweise die sinusförmigen senkrechten Bewegungskomponenten abgenommen werden. Die Drehzeiger erhalten durch Handkurbel und Getriebe Umlaufgeschwindigkeiten im Verhältnis 1:2:3:5. Die erzeugten Sinusbewegungen können also als 1., 2., 3. und 5. Harmonische einer zusammengesetzten Schwingung dienen. Zu ihrer Überlagerung sind die Kettenendpunkte als Rollen ausgebildet, über die eine weitere, an beiden Enden befestigte Kette läuft. Eine in dieser Kette hängende Rolle wird von jeder einzelnen Sinusbewegung um gleichviel mitgehoben oder

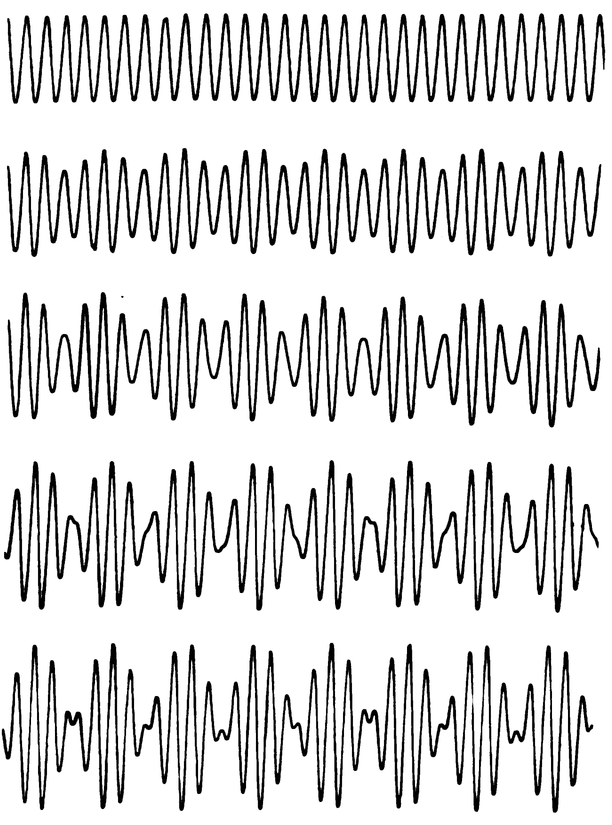

Von oben an: $k = 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1$.

Abb. 7. Gestaltwandel der Schwebung $\sin 15\,t + k \sin 19\,t$.

gesenkt. Insgesamt führt sie deshalb die Summe der Sinusbewegungen aus, die dann auf einer vorbeigezogenen Tafel aufgeschrieben wird. Im Getriebe kann auch auf die 15. und 19. Harmonische zur Untersuchung von Schwebungen umgeschaltet werden. Als Beispiel zeigt die in wenigen Minuten gewonnene Abb. 7 den Gestaltwandel der Schwebung $\sin 15\,t + k \sin 19\,t$, wenn sich k von 0 an (reine Sinusschwingung $\sin 15\,t$) über $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$ zu 1 hin (einfache Schwebung $2 \cos 2\,t \sin 17\,t$) ändert. Durch weitere Umschaltung lassen sich zwei beliebige phasenverschobene Sinusschwingungen gleicher Frequenz überlagern. Die Genauigkeit des Geräts beträgt einige Hundertstel. *A. Wt.*

DK 518.4

Modelle zum Logarithmenpapier. [Nach A. Walther, H.-J. Dreyer und H. Estenfeld, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 56; 2½ S., 8 Abb.]

Durch logarithmische Verzerrung einer Achsenteilung oder beider Achsenteilungen geht aus gleichmäßig geteiltem Papier (Millimeterpapier) das einfachlogarithmische oder das doppeltlogarithmische Papier hervor. Auf diesen käuflichen Logarithmenpapieren werden Exponentialkurven $y = b \cdot a^x$ oder Potenzkurven $y = b \cdot x^a$ in gerade Linien verstreckt, weil z. B. der Potenzfunktion $y = b \cdot x^a$ eine lineare Beziehung $\lg y = a \lg x + \lg b$ zwischen $\lg x$ und $\lg y$ entspricht. Die Verzerrung der Achsenteilungen und die damit verbundene Verstreckung der Kurven in Geraden lassen sich durch Modelle anschaulich verfolgen. Die Koordinatenlinien werden durch Metallstangen dargestellt, die durch Kettensysteme in gleichmäßige oder logarithmische Abstände voneinander gebracht werden. Als Kurven dienen Drahtspiralen (biegsame Wellen), die in drehbaren Ösen gleiten und dadurch den Gestaltwandel von Kurven zu Geraden vor Augen führen. *A. Wt.*

DK 53.083 + 621.3.083 : 519.28

Genauigkeit und Zeitaufwand bei Ausgleichsverfahren. [Nach E. Weise u. G. Patzer, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 59; 3½ S., 0 Abb.]

Um aus einer größeren Anzahl von Meßpunkten den tatsächlich zu erwartenden Wert zu bestimmen, sind neben der klassischen Methode der kleinsten Quadrate von Gauß die Näherungsverfahren von Werkmeister, Awbery und Mayer-Campbell bekannt geworden. In Form einer Vorschrift beschreiben die Verfasser den Rechnungsgang für die angegebenen Verfahren (bezüglich der Formelableitungen wird auf das angegebene Schrifttum verwiesen) und vergleichen an Hand eines durchgerechneten Beispiels aus der Praxis die einzelnen Verfahren sowohl hinsichtlich ihrer Genauigkeit als auch in der zu leistenden Rechenarbeit untereinander. Dabei zeigt sich bei Angleichung von beispielsweise 10 oder 20 Meßpunkten, daß die aus dem vereinfachten Rechenverfahren gewonnenen Ergebnisse praktisch vollkommen mit den aus der Gaußschen Beziehung ermittelten Werten übereinstimmen, wobei jedoch die Näherungsverfahren einen erheblichen Zeitgewinn im Vergleich zur Methode von Gauß bringen. Für eine schnelle Auswertung wird das Verfahren von Mayer-Campbell empfohlen, die nur ein Fünftel jener Zeit erfordert, die für die Auswertung nach Gauß benötigt wird. *H. P.*

Verschiedenes.

Preisausschreiben.

Die Gesellschaft für Zeitmeßkunde und Uhrentechnik E.V. schreibt jährlich sich wiederholende Wettbewerbe für wissenschaftliche Arbeiten aus. Zugelassen sind Arbeiten aus den Gebieten der Zeitmeßkunde und Uhrentechnik. Jeder Bewerber kann sich das besondere Thema, das er bearbeiten will, selbst auswählen.

Für Preise steht alljährlich ein Betrag von 2000 RM zur Verfügung. Die Wettbewerbsarbeiten müssen bis zum 1. 4. 1940 bei der Gesellschaft für Zeitmeßkunde und Uhrentechnik E. V., Berlin SW 68, Neuenburger Str. 8, in einer für den Druck geeigneten Form eingereicht sein. *of.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

13. Lehrgang über Entstehung und Verhütung von Berufskrankheiten. — Die Reichsstelle für Arbeitsschutz veranstaltet in Verbindung mit der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsschutz am 17., 24., 31. Oktober und 7., 14., 21., 28. November und 5. Dezember von 16⁰⁰ bis 18⁰⁰ eine Vortragsreihe über die betriebliche Fürsorge der Gesundheit der Gefolgschaft. Anmeldungen sind zu richten bis zum 1. Oktober an die Reichsstelle für Arbeitsschutz, Berlin-Charlottenburg, Fraunhoferstraße 11. Die Teilnehmergebühr beträgt für einen Einzelvortrag 1,50 RM und für die ganze Vortragsreihe 6 RM.

Tagung der Lilienthal-Gesellschaft. — In Wien tagt vom 11. bis 13. Oktober die diesjährige Hauptversammlung der Lilienthal-Gesellschaft für Luftfahrtforschung. Neben allgemeinen Vorträgen, Gemeinschaftsvorträgen, geschäftlichen Sitzungen, gesellschaftlichen Veranstaltungen und Besichtigungen finden 32 Fachvorträge statt. Aus dem Gebiete des Flugzeugfunks werden fünf und über die elektrische Ausrüstung von Flugzeugen zwei Vorträge gehalten, an die sich jeweils eine Aussprache anschließen soll. Anmeldungen sind bis zum 15. 9. an das Generalsekretariat Berlin W 62, Keithstraße 31, zu richten.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Schweißanlagen.

Der Ausschuß für Schweißanlagen hat eine Neubearbeitung von

VDE 0540 „Regeln für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen"

vorgenommen und einen Entwurf zu

VDE 0541 „Regeln für Lichtbogen-Schweißtransformatoren

aufgestellt. Beide Entwürfe sind in ETZ 60 (1939) S. 1073 u. 1074 veröffentlicht.

Begründete Einsprüche zu den beiden Entwürfen sind bis zum 10. Oktober 1939 an die Geschäftstelle zu richten.

Ausschuß für Freileitungen.

Der Ausschuß für Freileitungen hat Entwürfe zu Änderungen an

VDE 0210/X. 38 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen" und

VDE 0210 U/XI. 37 „Umstell-Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen"

aufgestellt, die in ETZ 60 (1939) S. 1076 veröffentlicht sind.

Begründete Einsprüche sind bei der Geschäftstelle bis zum 30. September 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Berichtigung.

VDE 0635/VI. 39 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A".

An dem in ETZ 60 (1939) H. 30, S. 897 veröffentlichten endgültigen Wortlaut zu VDE 0635/VI. 39 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A" sind nachstehende Änderungen vorzunehmen:

§ 16.
Überstromsicherheit. Abschaltzeiten.

b) Bei Schmelzeinsätzen nach DIN VDE 9360, Blatt 2, müssen die in Tafel V und VI angegebenen Abschaltzeiten eingehalten werden. Die Prüfung erfolgt vom kalten Zustand der Schmelzeinsätze aus.

c) Ausführungen, die von DIN VDE 9360, Blatt 2, abweichen, dürfen, wenn sie hinsichtlich Grenzstrom, Überstromsicherheit und Schaltvermögen den §§ 15, 16 a) und 18 genügen, größere Abschaltzeiten aufweisen als in Tafel VI festgelegt ist.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Köln. 15. 9. (Fr.), 20^{00}, Lesegesellschaft, Langgasse 6: „Übersicht über den heutigen Stand der physiologischen und pathologischen Forschung zur Frage der Gesundheitsschädigung durch industrielle Ströme". Obering. K. Alvensleben VDE.

Deutscher Physiker- und Mathematikertag. 24. bis 29. 9., Marienbad: 15. Tagung.

A. Physik, 25. bis 27. 9. 1. Hauptthema: Metallischer Werkstoff in der technischen Physik. — 28. bis 29. 9. 2. Hauptthema: Kernphysik.

B. Mathematik. 25. 9. bis 29. 9. Themen: Analysis, Algebra und Zahlentheorie, Geometrie, Mathematische Logik und Grundlagenforschung, Angewandte Mathematik und Mechanik.

Jahresversammlung des Mathematischen Reichsverbandes. 29. 9. Näheres durch die Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 5, Wundtstr. 46.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. Baars. — Der nichtbeamtete außerordentliche Professor Dr. Ernst Baars VDE ist beauftragt worden, in der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Hochschule Hannover die „Theorie und Technik elektrischer Akkumulatoren" in Vorlesungen und Übungen zu vertreten.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.357

Galvanotechnik (Galvanostegie und Galvanoplastik). Von H. Krause. 9. verbess. Aufl. Mit 21 Abb., einem Bilderanhang, VIII u. 269 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1939. Preis kart. 5,40 RM.

Bei der großen Bedeutung der Galvanotechnik für die Anwendung sparstoffarmer Werkstoffe und die Verringerung von Metallverlusten durch Korrosion und mechanischen Verschleiß ist es nicht verwunderlich, wenn von dem bekannten Werk nach zwei Jahren bereits wieder eine neue Auflage, die neunte, erscheint. Der Inhalt des Buches hat einige zeitgemäße Ergänzungen und Erweiterungen erfahren, so ist im besonderen die Darstellung der anodischen Oxydation von Aluminium und seinen Legierungen (Eloxal-Verfahren) durch die Ergebnisse der neueren Entwicklung ergänzt worden. Neu aufgenommen wurde die elektrophoretische Abscheidung von Rohgummiüberzügen auf Metallen aus Latex. Das Werk ist ferner mit einem gut ausgestatteten Bilderanhang versehen worden, der die wichtigsten Apparate und Anlagen der Galvanotechnik (insbesondere halb- und vollautomatische Anlagen) wiedergibt. Die einzelnen Bilder werden durch Text näher erläutert. So wird auch diese wiederum noch vervollkommnete Auflage sicher ihren Weg machen und den Technikern ein wertvoller Ratgeber werden. Helmut Fischer VDE.

DK 621.3

Die Starkstromtechnik. Ein Handbuch für Elektroinstallateure, Elektromechaniker und Elektromaschinenbauer. Herausg. von Studienrat Dr.-Ing. H. Tolksdorf, unter Mitarbeit der Herren Obering. Dipl.-Ing. Brandt, Obering. Dipl.-Ing. Drexler, Dipl.-Ing. Funck, Dipl.-Ing. Pink, Obering. Dipl.-Ing. Wengler. Mit 1612 Abb., XX u. 899 S. im Format 190×260 mm. Dazu gehörig: Elektrotechnisches Tabellenbuch. Mit zahlr. Abb., VII u. 203 S. im Format 125×195 mm. Preis für beide Bände geb. 29 RM. Verlag Heinr. Killinger, Nordhausen.

Der Herausgeber des Werkes, das eine völlige Neubearbeitung des gleichnamigen Buches von Stiller und W. Lehmann darstellt, sagt im Vorwort, wer aus einem „Strippenzieher" ein „Elektrotechniker" werden wolle, dem werde das Buch auf dem Wege dazu eine starke Hilfe sein. Um diesen Zweck zu erreichen, behandelt der Herausgeber in dem ein Drittel des Werkes umfassenden Hauptabschnitt „Allgemeine Elektrotechnik" zunächst das elektrische und das magnetische Feld und zwar im Verhältnis zur sonstigen Theorie des Buches etwas reichlich, dann werden die Vorgänge und Gesetze des Gleich-

Digitized by Google

und des Wechselstromkreises sowie die Meßkunde, weiter die Wärme- und die chemischen Wirkungen mit ihren Anwendungen besprochen. Es folgen die elektrischen Maschinen der üblichen Arten mit Umspannern und Stromrichtern, außerdem sind Vorgänge in Leitungen dargelegt. Weitere Hauptabschnitte sind der elektromotorische Antrieb — die Leitungsberechnung fehlt hier und ist sonst in dem Buch verschiedentlich nur kurz behandelt —, dann Freileitungsbau, Starkstromkabel, elektrische Beleuchtungsanlagen, bei denen auch die gesamte Installation sowie die Verbrauchskörper in Hausanlagen eingeordnet sind. Nach einem ausgedehnten Hauptabschnitt „Schaltanlagen" folgen einige kleinere über Zähler, Bahnen, Kraftwerke und Schweißanlagen.

Das riesige Gebiet ist im allgemeinen übersichtlich und zweckmäßig behandelt, vor allem ist hervorzuheben, daß Schritt für Schritt die praktischen Erfordernisse berücksichtigt sind. Daß stellenweise Wiederholungen auftauchen, ist nach Lage der Umstände kaum zu vermeiden. Etwas eingehender hätte man u. a. die Besprechung der neuzeitlichen Wechselstromwicklungen, des Einphasen-Asynchronmotors, des Motor-Wärmeschutzes und der Schutzschaltung (Berührungsspannung!) gewünscht. Wie sonst häufig, wird auch in diesem Buche übersehen, daß die Abhängigkeit des Temperaturbeiwertes von der Ausgangstemperatur keineswegs vernachlässigt werden darf, wenn bei nennenswerter Erwärmung ausreichend genaue Ergebnisse errechnet werden sollen. Es ist zu erwarten, daß das neue Werk im Leserkreis denselben berechtigten Anklang findet wie andere desselben Stoffgebietes.

K. Hoerner VDE.

DK 546

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Auflage. Herausg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft. System-Nummer 27: Magnesium. Teil B, Lfg. 4: Schluß der Verbindungen. Techn. Darstellung der Magnesiumverbindungen. Preis kart. 25 RM. — System-Nr. 68: Platin. Teil A. Lfg. 1: Geschichtliches. Vorkommen. Preis kart. 22 RM. — System-Nummer 68: Platin. Teil B. Lfg. 1: Physikalische Eigenschaften des Metalls (bis Thermische Eigenschaften). Preis kart. 11 RM. — System-Nr. 39: Seltene Erden. Lfg. 1: Einleitender Überblick. Geschichtliches. Vorkommen. Preis kart. 19 RM. Format 180 × 260 mm Verlag Chemie, G. m. b. H., Berlin 1938 und 1939.

S.-Nr 27, Magnesium, Teil B, Liefg. 4

Das vorliegende Heft bringt den Teil B zum Abschluß. Es behandelt die aus Mg und den Alkalimetallen einschl. Ammonium sich aufbauenden Systeme und mit diesen das große und vielseitige Gebiet chemisch und technisch bedeutsamer Magnesiumdoppelsalze. Daran reihen sich ein Abschnitt über die Technische Darstellung von Mg-Verbindungen, insbesondere von Oxyd und Hydroxyd, Carbonaten, Chlorid und Sulfat, und endlich wirtschaftsstatistische Angaben betreffs mineralischer und einiger technischer Magnesiumprodukte. Literaturstand bis Herbst 1938.

S.-Nr 68, Platin, Teil A, Lfg. 1

Die System -Nummer: Platin läßt, zumal unter ihr gleichzeitig eine zusammenfassende Behandlung der Platinmetalle überhaupt geplant ist, und weiterhin angesichts der Sonderstellung des Platins selbst unter den Elementen eine weitausgreifende Bearbeitung und damit umfänglichere Bände erwarten.

Die I. Lfg. im Teil A, die das Schrifttum bis Ende 1937 berücksichtigt, beginnt mit der Geschichte des Platins und erstreckt sich auf das — außerirdische und irdische — Vorkommen des Metalls. In einer Ausführlichkeit und Gründlichkeit, dank deren dieser Band eine in ihrer Art bisher noch nicht vorhandene Monographie für den Mineralogen und Petrographen zu werden verspricht, werden die geochemische Charakteristik und die lagerstättenkundliche Stellung der Platinmetalle entwickelt und nach topographischen Gesichtspunkten deren Vorkommen in Europa, im europäischen und außereuropäischen Rußland (Ural, Kaukasus, Sibirien) und im übrigen Asien abgehandelt, während diejenigen in den anderen Erdteilen in der nächsten Lieferung folgen werden.

Teil B, Lfg. 1

eröffnet das Schrifttum bis August 1938 umfassend, die besondere Bearbeitung des Elements und der Verbindungen in der gewohnten Systematik mit den physikalischen Eigenschaften des Elements: Atomkern, Atombau, Kristallographie bis einschließlich der mechanischen und thermischen Charakteristik.

S.-Nr. 39, Seltene Erden, Lfg. 1

Diese System-Nummer faßt unter vorstehender Gruppenbezeichnung die Elemente Scandium und Yttrium und die Lanthaniden, O. Z. 57—71 zusammen. Ein allgemeiner Teil behandelt die 17 Elemente gemeinsam nach Vorkommen, Eigenschaften, Trennungsmethoden usw., worauf ein spezieller Teil die einzelnen Erden in der üblichen Stoffanordnung bearbeiten soll.

Die vorliegende 1. Lfg. des Allg. Teiles gibt nach einem einleitenden Überblick eine ausgezeichnete Darstellung der Erforschungsgeschichte der S. E., in deren Einzelphasen sich neben technischen Zeitbedürfnissen vor allem alle richtungsweisenden Erkenntnisse und Vorstellungen wiederspiegeln, die überhaupt für die Entwicklung der anorganischen und physikalischen Chemie bestimmend waren; hingewiesen sei nur auf die Sonderstellung der S. E. im Periodischen System und deren atomtheoretische Begründung, auf ihre gegenwärtige Systematik an Hand der Valenzverhältnisse und Elektronenkonfigurationen. Auf breitester Grundlage wird das Vorkommen der S. E. behandelt, sowohl prinzipiell in geochemischer und kristallchemischer Hinsicht, sodann systematisch nach den einzelnen, seltene Erden führenden Mineralien und endlich in topographischer Übersicht über die wichtigsten Fundstätten.

Heinrich Menzel.

DK 621.64

Handbuch der Rohrleitungen. Allgemeine Beschreibung, Berechnung und Herstellung nebst Zahlen- und Linientafeln. Von Dir. F. Schwedler. 2. Aufl. Neubearb. unter Mitwirkg. v. Dipl.-Ing. H. von Jürgensonn. Mit 227 Abb., 11 Tafeln, VIII u. 253 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geb. 33 RM.

Die neu bearbeitete 2. Auflage trägt der Weiterentwicklung der Rohrleitungstechnik seit 1932, der durch die Steigerung der Drücke und der Dampftemperaturen neue Aufgaben gestellt waren, voll Rechnung. Einzelne Abschnitte, z. B. die Dichtung und Schweißung sowie die Werkstoff-Beschaffenheit von Höchstdruck-Rohrleitungen wurden wesentlich eingehender und dem heutigen Stand entsprechend behandelt und ein Berechnungsbeispiel einer Hochdruck-Rohrleitung aufgenommen. Es ist als Vorteil anzusehen, daß in der neuen Auflage die Abbildungen durchweg in den Text aufgenommen und nicht mehr, wie früher, in einem gesonderten Anhang herausgezogen sind. Auch das Berechnungsverfahren für den Druckabfall ist unter Benutzung der letzten Forschungsergebnisse gänzlich neu behandelt und den Bedürfnissen des Praktikers gut angepaßt.

Um trotz der erweiterten Behandlung dieser Abschnitte den Gesamtumfang nicht allzu sehr zu vergrößern, wurde die Beschreibung des konstruktiven Aufbaues bekannter Einzelteile, wie Armaturen, Druckregler usw. eingeschränkt und auf die Werbeschriften der Lieferfirmen verwiesen. Ebenso wurde auf die laufenden Erscheinungen des Deutschen Normenausschusses sowie die Richtlinien der Vereinigung der Großkesselbesitzer für den Bau von Heißdampfleitungen u. a. m. hingewiesen, ohne die dort niedergelegten Einzelheiten nochmals anzuführen.

Das neue, sehr ausführliche Schrifttum-Verzeichnis stellt eine erfreuliche Bereicherung des Buches dar. Das aus den Bedürfnissen der Praxis entstandene Buch vermittelt dem entwerfenden Ingenieur wertvolle Angaben, Berechnungsgrundlagen und Beispiele. Auch der Betriebsingenieur findet viele Anregungen und wichtige Fingerzeige. W. Ellrich VDE.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Prof. Dr. K. Arndt VDE, Berlin-Charlottenburg, Spreestr. 15.
Dr.-Ing. H. Bocker, Berlin-Charlottenburg, Kaiser-Friedrich-Str. 5.
A. Campe VDE, Danzig-Langfuhr, Simsonweg 80.
Oberbaurat Dr.-Ing. E. Jacob VDE, Stuttgart-W., Chamissostr. 3.
H. Matschull VDE, Danzig-Langfuhr, Schlageterstr. 11b.
Dr.-Ing. T. Schmitz VDE, Dresden-A. 19, Lauhe Str. 4.
F. Stein, Wuppertal-Barmen, Schöneberger Str. 144.

Abschluß des Heftes: 1. September 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 14. September 1939 | Heft 37

Sicherungen für elektrische Meßinstrumente.

Von **Ulrich von Brockdorff**, Berlin.

DK 621.316.923 : 621.317.7

Übersicht. Im folgenden werden Einrichtungen beschrieben, die dazu dienen, elektrische Meßgeräte durch zweckmäßige Zusammenschaltung einer Relaisanordnung mit Glimmlampen vor thermischen und mechanischen Überlastungen zu schützen.

Einleitung.

Mit den steigenden Ansprüchen, die heute von den Betrieben an Meßgeräte gestellt werden, sind auch den Einrichtungen, die zum Vermeiden von Beschädigungen der empfindlichen Instrumente dienen, besondere Beachtung zu schenken. Wenn hierüber auch schon an verschiedenen Stellen berichtet worden ist, so sollen im folgenden Schutzschaltungen beschrieben werden, die mehrere neuartige Merkmale aufweisen und in ihrem Aufbau und ihrer zuverlässigen Funktion seit langem in einem Großbetrieb entwickelt und erprobt worden sind. Der weitaus größte Teil solcher Instrumenten-Schutzeinrichtungen erstreckt sich auf solche für Präzisionsgeräte, da deren Beschädigung oft kostspielige Instandsetzungen erfordert, die nur dann im Betriebe selbst vorgenommen werden können, wenn entsprechende Facharbeiter und Einrichtungen vorhanden sind.

Grundsätzlich sind die Forderungen, die an einen Schutz für Meßgeräte gestellt werden, folgende:

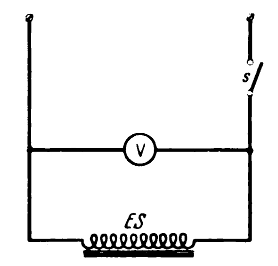
1. hohe Ansprechgeschwindigkeit,
2. vernachlässigbar kleiner Eigenverbrauch.

Die zeitweise gebräuchlichen Schmelzsicherungen können zwar ein Instrument bei plötzlich auftretender Überlastung vor dem Durchbrennen schützen, nicht aber vor mechanischen Beschädigungen, hervorgerufen durch den Prellschlag des Zeigers gegen den Endausschlag, und zwar vor allem wegen ihrer großen Ansprechverzögerung. Es lassen sich aber zur Erfüllung obiger Bedingungen mit gutem Erfolg elektromagnetische Selbstschalter verwenden, worüber nachstehend nähere Einzelheiten erläutert sind.

1. Wirkungsweise.

a) Spannungsmesserschutz.

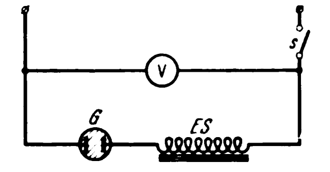
Ein nach diesen Grundsätzen aufgebauter einfacher Spannungsmesserschutz (Abb. 1) besteht aus einem parallel zu dem zu schützenden Instrument liegenden elektromagnetischen Selbstschalter (*ES*), der so bemessen ist, daß er bei Überschreitung der Meßbereichspannung um etwa 10 % anspricht und sodann den Spannungskreis bei *s* unterbricht. Diese Schaltung ist durch den zusätzlichen Verbrauch des elektromagnetischen Selbstschalters nur dort anwendbar, wo der Eigenverbrauch des Schutzgerätes eine untergeordnete Rolle spielt (z. B. bei Spannungsmessungen unmittelbar in Netzleitungen). Da aber dieser zusätzliche Stromverbrauch bei vielen Schaltungen unerwünscht ist, wurde eine Anordnung getroffen, daß die Schutzeinrichtung bei normalen Spannungsverhältnissen überhaupt keinen Strom verbraucht. Zu diesem Zwecke wurde nach Abb. 2 dem elektromagnetischen



V zu schützender Spannungsmesser
ES elektromagnetischer Selbstschalter
s Unterbrecher

Abb. 1. Spannungsmesserschutz (Grundschaltung).

Selbstschalter eine Glimmlampe *G* vorgeschaltet, deren Zündspannung in dem zu schützenden Bereich liegt. Die Arbeitsweise ist dann kurz so: bei auftretender Über-



G Glimmlampen

Abb. 2. Spannungsmesserschutz ohne zusätzlichen Eigenverbrauch (Grundschaltung).

spannung zündet die Glimmlampe, dadurch wird die Magnetspule des elektromagnetischen Selbstschalters vom Strom durchflossen, worauf wiederum die Auslösung des Kontaktes *s* erfolgt.

b) Strommesserschutz.

Ähnlich wie beim Spannungsmesserschutz wird auch hier wieder ein elektromagnetischer Selbstschalter verwendet, nur daß er diesmal hintereinander mit dem zu schützenden Strommesser geschaltet wird (Abb. 3).

Die Magnetspule ist wieder so bemessen, daß die Auslösung des elektromagnetischen Selbstschalters bei Überschreitung um 10 % des eingeschalteten Meßbereiches erfolgt.

Abb. 3. Strommesserschutz (Grundschaltung).

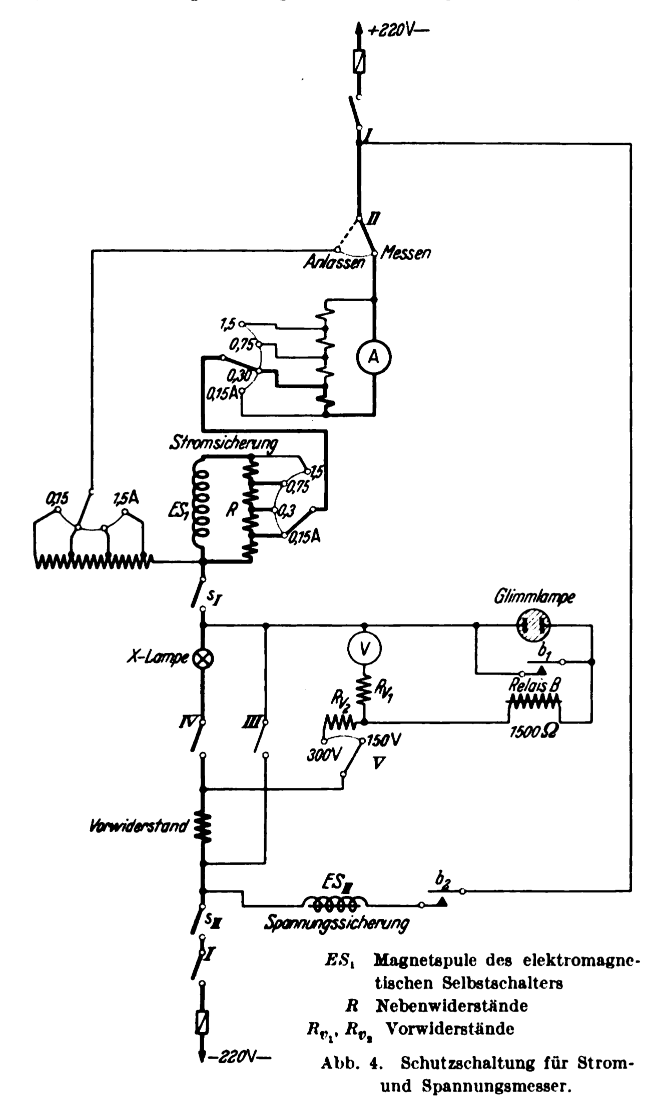
2. Praktische Ausführung.

a) Beispiel einer Schutzschaltung für Strom- und Spannungsmesser.

Die nun folgenden Schaltungen stellen eine Erweiterung und Verfeinerung der oben beschriebenen Grundschaltungen dar, wie sie für den praktischen Betrieb in

Digitized by Google

zweckmäßiger Weise entwickelt worden sind. In Abb. 4 ist eine solche Strom- und Spannungsmesserschutzschaltung unter Zugrundelegung einer Netzspannung von 220 V wiedergegeben. Beim Strommesserschutz ist eine Magnetspule des elektromagnetischen Selbstschalters ES_1 unter Berücksichtigung der Nebenwiderstände R auf den kleinsten Bereich, in diesem Falle 0,15 A, abgestimmt, und zwar so, daß bei zehnprozentiger Überlastung, also bei 0,165 A,



ES_1 Magnetspule des elektromagnetischen Selbstschalters
R Nebenwiderstände
R_{v_1}, R_{v_2} Vorwiderstände

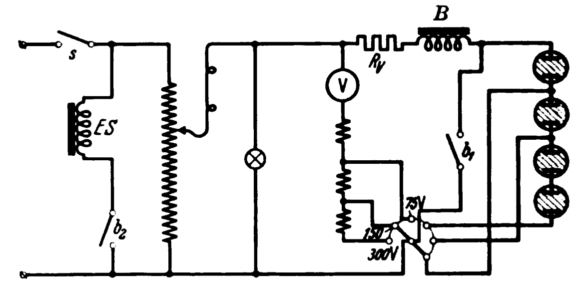
Abb. 4. Schutzschaltung für Strom- und Spannungsmesser.

die Auslösung erfolgt. Alle weiteren Bereiche sind durch entsprechende Nebenschlüsse in derselben Weise angepaßt. In allen Schaltungen, in denen beim Einschalten ein Stromstoß auftritt, der den eingestellten Meßbereich übersteigt (z. B. Einschaltstöße bei Glühlampen), ist ein sogenannter Anlaßwiderstand vorgesehen, der diesen Stromstoß aufnimmt, da andernfalls der Strommesserschutz unbeabsichtigt zur Auslösung gebracht wird. Diese Widerstände sind so bemessen, daß sie den Widerstand des Instrumentes + ES-Widerstand für den entsprechenden Meßbereich darstellen, so daß beim Umschalten von „Anlassen" auf „Messen" (Schalter *II*, Abb. 4) keine Veränderung im Meßkreis auftritt. Um nun Fehlschaltungen zu vermeiden, sind alle drei Umschalter (Meßbereich des Strommessers, des Schutzschalters und die Anlaßwiderstände) miteinander gekuppelt.

Der Spannungsmesserschutz für zwei Spannungsbereiche von beispielsweise 150 und 300 V weicht gegenüber der Grundschaltung durch Hinzufügen eines Relais B ab. Der Grund hierfür liegt darin, daß der Eigenverbrauch der Spannungsmesser nicht immer unberücksichtigt bleiben kann. Wie leicht einzusehen ist, begrenzt beim Umschalten auf einen 300 V-Bereich der Vorwiderstand des Spannungsmessers beim Zünden der Glimmlampe den Strom, so daß ein unempfindliches Relais nicht mehr anspricht. Beispielsweise würde in Schaltung 4 der Vorwiderstand R_{v_2} für den 300 V-Bereich bei einem Stromverbrauch des Spannungsmessers von 10 mA $\frac{150}{0,01} = 15\,000\,\Omega$ betragen, d. h. beim Zünden der Glimmlampe würde durch das Relais B ein Strom von $\frac{220}{15\,000} = 14,7$ mA fließen. Da der Selbstschalter erst bei 60 mA anspricht, wird also der Sicherungsschalter erst durch das Relais B über den Kontakt b_2 zum Ansprechen gebracht. Schließlich ist noch ein Kurzschlußkontakt b_1 vorgesehen, durch dessen Betätigung nach dem Zünden der Glimmlampe ein „Flackern" vermieden und somit eine sichere Auslösung gewährleistet wird.

b) Schutzschaltung für Spannungsmesser mit sehr kleinem Eigenverbrauch.

Bei Meßgeräten für weniger als 10mA Stromdurchgang würde aber die oben beschriebene Schaltung nicht mehr genügend zuverlässig arbeiten, da durch die großen Vorwiderstände für derartige Geräte der Glimmlampenstrom nicht mehr zum sicheren Auslösen eines Relais ausreicht. Daher wurde für diese Fälle, also insbesondere für Präzisions-Spannungsmesser mit sehr kleinem Eigenverbrauch, eine Schaltung entwickelt, die unter Verwendung eines Glimmlampenspannungsteilers (Stabilovolt) den Sicherungskreis vom Spannungsmesserkreis trennt. Hierdurch arbeitet der Glimmlampenstrom völlig unabhängig vom eingeschalteten Meßbereich bzw. vom Vorwiderstand des Instrumentes. In Abb. 5 ist diese Anordnung dargestellt. Zu dem jeweiligen Meßbereich wird die entsprechende Zündstrecke des Stabilisators durch einen mit dem Spannungsbereichumschalter gekuppelten Schalters eingeschaltet. Die Zündstrecke liegt nunmehr an der an den äußeren Klemmen des Spannungsmessers herrschenden Spannung. Der Auslösevorgang ist dann ähnlich wie in den vorbeschriebenen Schaltungen. Zur Begrenzung des Stromes dient der Widerstand R_v, der so bemessen ist, daß er bei der kleinsten Schutzbereichspannung, z. B. 75 V, noch einen genügend großen Auslösestrom für das Relais durchläßt. Da der Auslösevorgang sehr schnell vor sich geht, entsteht auch bei dem 300 V-Bereich keine Überlastung der Magnetspule vom Relais B und ES.



ES elektromagnetischer Selbstschalter R_v Vorwiderstand
V zu schützender Spannungsmesser

Abb. 5. Schutzschaltung für Spannungsmesser mit kleinem Eigenverbrauch.

In allen diesen Schaltungen ist der zu schützende Meßbereich von der Zündspannung der Glimmlampe bzw. Glimmspannungsteilers abhängig. Für die normalen Bereiche 75/150/300 V haben sich kleine Signalglimmlampen ohne eingebauten Vorwiderstand 100 bis 115 V 0,25 W als sehr zweckmäßig erwiesen, deren Zündspannung bei etwa 85 V liegt. Durch Reihenschaltung ergeben sich dann z. B. die Zündspannungen 85/170/340 V, die den zu schützenden Meßbereichen von 75/150/300 V entsprechen würden. Bei zwischenliegenden Bereichen oder solchen unterhalb 75 V müßte mit Hilfsspannungen gearbeitet werden, die zusammen mit der Meßbereichspannung die Zündung der Glimmlampe bewirken.

Digitized by Google

Soll beispielsweise der 15 V-Bereich eines Instrumentes geschützt werden, so würde bei einer Zündspannung von 85 V eine Hilfsspannung von 68 V erforderlich sein, um das Instrument bei 17 V zur Auslösung zu bringen.

A, B, C, SA, SV Relais

Abb. 6. Schutzschaltung für Strom- und Spannungsmesser mit Hilfsspannung.

Praktisch werden nun diese Schaltungen so ausgeführt, daß die Hilfsspannungen über einen Wandler und Gleichrichter dem Wechselstromnetz entnommen werden. Steht Wechselstrom nicht zur Verfügung, so können auch Anodenbatterien verwendet werden, deren Verbrauch, durch den Widerstand des Spannungsteilers bedingt, in sehr kleinen Grenzen gehalten werden kann.

In Abb. 6 ist eine komplette Strom- und Spannungsmesserschutzschaltung wiedergegeben, die in der eben beschriebenen Weise arbeitet. Das neu hinzugekommene Relais *C* ist erforderlich, um beim Ausbleiben der Hilfsspannung das Instrument sofort abzuschalten.

3. Grenzen der zu schützenden Meßbereiche.

Die vorbeschriebenen Schutzanordnungen sind, bedingt durch das Arbeitsprinzip, natürlich auch nur begrenzt verwendbar. So ist der kleinste zu schützende Strombereich abhängig von der Empfindlichkeit des Relais *SA* (Abb. 6). Zweckmäßig geht man nicht unter 150 mA, um die sich gut eignenden Selbstschalter unmittelbar verwenden zu können. Durch Zwischenschaltung empfindlicher Relais lassen sich Bereiche bestenfalls bis etwa 15 mA herab schützen. Für hohe Strombereiche ist praktisch keine Grenze gesetzt, nur werden die Nebenschlüsse zum elektromagnetischen Selbstschalter für die hohen Strombereiche recht unhandliche Formen annehmen.

Dem Spannungsschutz ist durch die Streuung der Zündspannung (einige Volt) der Glimmlampe eine Grenze nach unten gesetzt, so daß es nicht zu empfehlen ist, kleinere Bereiche als etwa 15 V zu sichern. Die oberen Bereiche können durch Hintereinanderschaltung von mehreren Glimmspannungsteilern bis zu Spannungen von einigen 1000 V geschützt werden. Für Wechselstrominstrumente und für kleinere Meßbereiche als oben angeführt worden sind, wird zweckmäßig eine andere, z. B. Thyratron-Schutzschaltung verwendet, deren Beschreibung für später vorbehalten bleibt.

Zusammenfassung.

Durch Verwendung elektromagnetischer Selbstschalter läßt sich erreichen, Präzisions- sowie Schalttafelinstrumente vor thermischen und mechanischen Überlastungen (Prellschlägen) zu schützen. Durch Hintereinanderschaltung von Glimmspannungsteilern in Verbindung mit geeigneten Relais kann bei Spannungsmessern ein zusätzlicher Verbrauch während des Betriebes vermieden werden. Praktisch lassen sich mit dieser Anordnung Spannungen von 15 V bis zu einigen 1000 V bzw. Ströme von 15 mA bis zu einigen 100 A schützen. Zum Schutz von Wechselstromgeräten und für besonders niedrige Spannungs- oder Strombereiche können Anordnungen mit Thyratronröhren mit gleichgutem Erfolg angewendet werden.

Einheitliche zeichnerische Darstellung in der Starkstrom- und Fernmeldetechnik.

Von Norman Lieber VDE, Berlin.

DK 621.316.064

Übersicht. Anläßlich der Neuausgabe der Schaltzeichen und Pläne für Starkstromanlagen (DIN VDE 709 bis 719) und anläßlich der Veröffentlichung des Entwurfes einer Neuausgabe der Schaltzeichen für Fernmeldeanlagen (DIN VDE 700) wird über die Hauptgesichtspunkte bei der Neubearbeitung dieser Normblätter, insbesondere über den Zweck und den Wert der Vereinheitlichung der grundsätzlichen Starkstrom- und Fernmeldeschaltzeichen berichtet.

Die Neubearbeitung der Normblätter für Schaltzeichen und Pläne in der Elektrotechnik hat einen teilweisen Abschluß erreicht, so daß es am Platze ist, hierüber zu berichten. Die Schaltzeichen und Pläne für Starkstromanlagen umfaßten bisher die Normblätter DIN VDE 707, 709 bis 717, 719. Sie sind zusammengefaßt in DIN VDE 709 bis 719 und kommen jetzt neubearbeitet heraus[1]).

Gleichzeitig ist die Neubearbeitung der Schaltzeichen für Fernmeldeanlagen, DIN VDE 700, so weit fortgeschritten, daß dieses Normblatt jetzt als Entwurf veröffentlicht werden kann[2]).

[1]) s. S. 1103 dieses Heftes. Die Normblätter sind in Kürze erhältlich beim Beuthvertrieb.

[2]) s. S. 1103 dieses Heftes. Der Entwurf ist bei der Geschäftstelle des VDE, Berl.-Charlbg., Bismarckstr. 33, gegen Erstattung der Selbstkosten erhältlich.

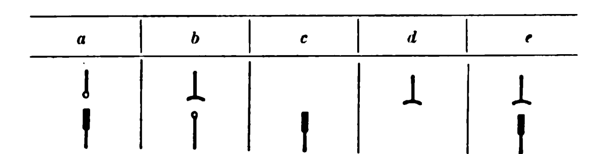
Digitized by Google

1. Gründe für die Vereinheitlichung.

Ursprünglich war beabsichtigt worden, nur die Normblätter, welche Schaltzeichen in Starkstromanlagen behandeln, neu zu bearbeiten. Hierüber ist anläßlich der Veröffentlichung des Entwurfes berichtet worden[3]). Es zeigte sich aber bald, daß eine umfassende und gut durchgearbeitete Neuausgabe der Schaltzeichen für Starkstromanlagen nicht restlos befriedigend sein konnte, wenn nicht gleichzeitig das große Gebiet der Schaltzeichen für Fernmeldeanlagen ebenfalls vollständig neubearbeitet wurde, denn im Laufe der Zeit hatte es sich bei der Herstellung von Maschinen und Geräten und im Schrifttum immer unangenehmer bemerkbar gemacht, daß in der Starkstromtechnik und in der Fernmeldetechnik häufig verschiedene Schaltzeichen für den gleichen Gegenstand benutzt wurden.

Die Entwicklung der Elektrotechnik führte im Hinblick auf die zunehmende Verflechtung der einzelnen Gebiete auch immer mehr dazu, daß durch das Vorhandensein verschiedener Darstellungarten die Gefahr von Fehlern und damit Verschwendung von Arbeitskraft und -zeit wächst. Unbedingt war es also notwendig, eine restlose Vereinheitlichung der beiden bisher nicht vollständig übereinstimmenden Schaltzeichengruppen zu erzielen. Dank der verständnisvollen Mitarbeit aller beteiligten Kreise ist dieses Ziel auch erreicht worden.

Bei derartigen Vereinheitlichungen war es zwar nicht immer nötig, daß das Zeichen des einen Gebietes von dem anderen Gebiet übernommen wurde. Eine Vereinheitlichung konnte auch oft dadurch erreicht werden, daß geringfügige Änderungen auf beiden Seiten vorgenommen wurden, wie Abb. 1 an einem einfachen Beispiel zeigt.



a bisherige Darstellung in der Fernmeldetechnik
b bisherige Darstellung in der Starkstromtechnik
c in der Fernmeldetechnik übliche Darstellung für Steckerstifte
d in der Starkstromtechnik übliche Darstellung für feste Kontaktteile bei Schaltgeräten
e vereinheitlichte Darstellung für Steckerstift und Steckerhülse

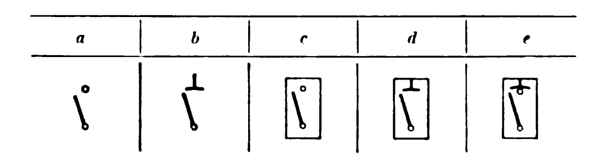
Abb. 1. Vereinheitlichung der Darstellung von Steckerstift und Steckerhülse.

Bei der Neubearbeitung der Schaltzeichen ergab sich ferner, daß nicht nur die Übereinstimmung der deutschen Starkstrom- und Fernmeldedarstellungen unbedingt notwendig ist, vielmehr mußten auch die entsprechenden Festlegungen der IEC (Internationale elektrotechnische Kommission) berücksichtigt werden, wenn bei der Neuausgabe der deutschen Normblätter für Schaltzeichen ganze Arbeit geleistet werden sollte. Zwar waren die beiden auf diesem Gebiete bestehenden IEC-Veröffentlichungen auch früher schon bei den deutschen Schaltzeichen-Normblättern nicht unberücksichtigt geblieben. Die IEC-Veröffentlichung 42 (Fernmeldeschaltzeichen) war aber vor kurzem neubearbeitet, und für die IEC-Veröffentlichung 35 (Starkstromschaltzeichen) war das gleiche vorgesehen, so daß Abweichungen gegenüber den deutschen Normblättern in nicht unerheblichem Maße vorhanden waren.

Insgesamt mußten also vier verschiedene Gruppen bei der Vereinheitlichung berücksichtigt werden. Eine Reihe von Zeichen des VDE-Starkstromentwurfes konnte mit den Zeichen der IEC nicht in Einklang gebracht werden. Hier bot sich aber anläßlich der IEC-Tagung 1938 in Torquay, England, die Möglichkeit, deutscherseits Änderungen bzw. Ergänzungen für die entsprechende IEC-Veröffentlichung zu beantragen, die dann auch mit geringfügigen Ausnahmen angenommen wurden[4]).

[3]) ETZ 59 (1938) S. 111.

Bei der Neuausgabe der Schaltzeichen-Normblätter mußte weiterhin berücksichtigt werden, daß auch eine vollständige Übereinstimmung zwischen den Benennungen der einzelnen Schaltzeichen und den Begriffserklärungen im VDE-Vorschriftenbuch besteht. Die Möglichkeit, auf Begriffserklärungen des VDE-Vorschriftenbuches zurückgreifen zu können, hat sich besonders auf dem Gebiet der Schaltgerätedarstellung sehr vorteilhaft ausgewirkt. In einem Falle hat sich hieraus z. B. eine wesentliche Änderung des ursprünglichen Schaltzeichenentwurfes ergeben (Abb. 2). Ein Leistungstrennschalter entsprechend den



a Schalter allgemein
b Trennschalter
c Leistungsschalter
d Entwurf: Leistungstrennschalter ohne Berücksichtigung von VDE 0670/38 (Trennschalterzeichen mit Umrandung als Zeichen für „Leistung")
e endgültiges Zeichen für Leistungstrennschalter (Kombination der Zeichen für Leistungsschalter und für Trennschalter)

Abb. 2. Zur Darstellung des Leistungstrennschalters.

Regeln für Hochspannungsschaltgeräte (VDE 0670) ist ein ausgesprochener Leistungsschalter, der mit einem Trennschalter kombiniert ist. Infolgedessen mußte das Schaltzeichen geändert werden, um auch zeichnungsmäßig diese Kombination von Leistungsschalter und Trennschalter zum Ausdruck zu bringen.

Auch das „Internationale elektrotechnische Wörterbuch", das nach langer Arbeit von der IEC im Jahre 1938 herausgebracht war, hat Berücksichtigung bei der Neubearbeitung der Schaltzeichen-Normblätter gefunden und war eine wertvolle Hilfe bei der Neubearbeitung der IEC-Schaltzeichen.

2. Allgemeine Richtlinien für die Neubearbeitung.

Eine klare und leichtverständliche Gliederung war ein Haupterfordernis bei der Neubearbeitung. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen den Einzeldarstellungen — „Schaltzeichen" — und den Gesamtdarstellungen — „Plänen" —. Die Einzeldarstellungen sind die zeichnerische Darstellung von Maschinen, Geräten und Leitungen in Schalt- und Leitungsplänen. Hierbei ist das Schaltzeichen (früher Schaltbild genannt) eine Darstellung mit vereinfachter Innenschaltung. Für die Kurzdarstellung ohne Wiedergabe der Innenschaltung ist das Schaltkurzzeichen (früher Schaltzeichen genannt) vorhanden.

Folgende Arten von Plänen werden unterschieden:

a) der Übersichtsschaltplan ist die vereinfachte, meist einpolige Darstellung der Schaltung ohne Hilfsleitungen,

b) der Wirkschaltplan ist die vollständige Darstellung der Schaltung mit Hilfsleitungen und ihren Klemmen. Er soll ein klares Bild über die Wirkungsweise der Anordnung geben und bei Störungen das Verfolgen der Stromwege erleichtern,

c) der Stromlaufschaltplan ist die nach Stromwegen aufgelöste Darstellung der Schaltung mit Hilfsleitun-

[4]) ETZ 59 (1938) S. 1280. Es ist zu hoffen, daß bei einer späteren IEC-Tagung die Veröffentlichung 42 (Fernmeldeschaltzeichen) in der gleichen Weise ergänzt wird.

Digitized by Google

gen und ihren Klemmen und Lötstellen, ohne Rücksicht auf die räumliche Lage und die Zusammengehörigkeit der Teile,

d) der Anschlußplan ist die der räumlichen Anordnung entsprechende Darstellung von Leitungsanschlüssen und Anschlußmöglichkeiten,

e) der Leitungsplan ist die Darstellung der Leitungsverlegung und -verteilung. Er gibt lediglich Aufschluß über die Verbindungen, nicht aber über die Schaltung.

1	a b	ohmscher Widerstand (Wirkwiderstand) a) allgemein b) Meßwiderstand
2	a b	a) Induktivität mit ohmschem Widerstand, z. B. Wicklung allgemein (insbes. Wicklung auf ruhendem Eisenkern) b) wahlweise: vereinfachte Darstellung
3		Induktivität, z. B. Luftdrossel für Hoch- und Niederfrequenz
4		Kapazität
5		Sicherung

Abb. 3. Begriffserklärungen der wichtigsten grundsätzlichen Schaltzeichen.

Das Wort „Bild" ist einzeln und in Zusammensetzungen gänzlich vermieden worden, weil die bisherige Ausdrucksweise, bei der dieses Wort in verschiedenen Zusammensetzungen benutzt wurde, immer wieder zu Verwechselungen führte.

1	a b	Leitung allgemein a) Darstellungsart für die auf einem Plan überwiegend vorhandene Leitungsart b) Darstellungsart für die auf einem Plan seltener vorkommende Leitungsart
2	a b	Leitung mit Kennzeichnung der Anzahl a) Leiter z. B. drei Leiter b) Kreise z. B. zwei Stromkreise
3	a b c	Leitung mit Kennzeichnung des Bauzustandes a) geplant b) im Bau c) ausgeführt
4	a b c d	Leitung mit Kennzeichnung des Verwendungszweckes a) Schutzleitung für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung b) Not- bzw. Notlichtleitung c) Panik- bzw. Paniklichtleitung z. B. für Luftschutz d) Fremdleitung
5	a b c	Leitung mit Kennzeichnung der Verlegungsart (nach DIN VDE 717) a) in Luft b) im Erdboden c) im Wasser
6	a b c	Fernmeldeleitungen (nur zur Unterscheidung in Starkstromplänen) a) Ruf- und Klingelleitung b) Fernsprechleitung c) Rundfunkleitung
7		a) leitende Verbindung allgemein b) lösbare leitende Verbindung

Abb. 4. Leitungsdarstellungen.

Da es nicht möglich ist, die Darstellungen für sämtliche vorhandenen Geräte und Gerätearten in den Normblättern einzeln aufzuführen, wurden zu Beginn jedes neuen Gebietes die Schaltzeichenglieder und die Grundarten von Schaltzeichen dargestellt und im Anschluß daran eine Anzahl von Beispielen für die Zusammensetzung aus Gliedern und Grundarten gebracht. Auf diese Weise findet z. B. der Konstrukteur von Schaltanlagen in dem Normblatt DIN VDE 713 bis ins einzelne gehende Darstellungsmöglichkeiten für Schaltgeräte. Andererseits kann derjenige, den Einzelheiten nicht interessieren, sich mit dem Zeichen „Schalter allgemein" begnügen (s. Abb. 2 a). Der gleiche Grundsatz tritt auch besonders klar bei den Leitungsdarstellungen hervor. Bei diesen gilt als allgemeines Zeichen der Strich (Abb. 4, 1 a), im übrigen sind aber für besondere Zwecke, d. h. nur falls besonders erforderlich, noch weitere 15 Darstellungs- und Unterscheidungsmöglichkeiten vorgesehen.

Die Schaltzeichen sollen einfach und sinnfällig alles zeigen, was zum Lesen und Verstehen einer Schaltung nötig ist. Über Konstruktionen geben sie keinen Aufschluß. Die Darstellungen sollen ohne Anwendung von bunter Farbe lesbar sein, um eine einfache Vervielfältigung zu ermöglichen. Dieser wichtige Gesichtspunkt, ohne Farbenanwendung auszukommen, hat zu einer besonders eingehenden Bearbeitung des Blattes „Leitungen" geführt (Abb. 4).

Leitungen verschiedener Wichtigkeit, Spannung und Polarität können durch verschiedene Strichstärke, Geräte verschiedener Wichtigkeit durch verschiedene Größe gekennzeichnet werden. Im übrigen ist darauf geachtet worden, in den Normblättern die einzelnen Zeichen mit richtigen Proportionen und richtigem Größenverhältnis zueinander wiederzugeben.

3. Wichtige grundsätzliche Schaltzeichen.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten grundsätzlichen Schaltzeichen gibt Abb. 3. Hierin stellen Nr. 1, 3 und 4 Verbraucher dar, die — vektoriell gesehen — eine Phasenverschiebung von 0°, 90° induktiv und 90° kapazitiv verursachen. Das Schaltzeichen Nr. 2 stellt dagegen einen Verbraucher dar, der eine Phasenverschiebung verursacht, die innerhalb des ganzen vektoriellen Bereiches zwischen reiner Wirklast und reiner induktiver Last liegen kann, ohne allerdings die beiden Grenzfälle, nämlich reine Wirklast und reine induktive Last, mit zu erfassen.

Wicklungen normaler Bauart, die praktisch alle als Induktivität mit ohmschem Widerstand wirken, werden also entsprechend Nr. 2 gezeichnet. Dieses Schaltzeichen soll aber nicht benutzt werden, wenn man den Charakter reiner Wirklast oder reiner induktiver Last zum Ausdruck bringen will.

Zu den bisher schon vorhandenen Zeichen 1 b und 2 a von Abb. 3 sind die Schaltzeichen 1 a und 2 b aufgenommen worden. Das Zeichen 1 a für Widerstände ist besonders in der Fernmeldetechnik sehr gebräuchlich; das Zeichen 2 b hat sich bei Transformatoren mit vielen Wicklungen als außerordentlich praktisch herausgestellt.

4. Schaltzeichen für Starkstromanlagen.

In den Normblättern für Starkstromschaltzeichen konnte durch neue Einordnung zweier Schaltzeichengruppen der ganze Aufbau übersichtlicher gestaltet werden. Das Normblatt DIN VDE 710 enthält jetzt nur noch „Leitungen". Die in dem Normblatt bisher enthaltenen Schaltzeichen für Kraftwerke, Umspannwerke und Leitungsmaste sind in DIN VDE 717 aufgenommen, das nun die Bezeichnung „Leitungspläne für Starkstromanlagen" führt. Ferner sind die Schaltgeräteglieder, die Antriebs- und mechanischen Übertragungsglieder für Schaltgeräte, die bisher in DIN VDE 712 enthalten waren, in DIN VDE 713 aufgenommen. Die Anordnung der Normblätter ist folgendermaßen: DIN VDE 709 Allgemeine Vorbemerkung zu 710 bis 719, 710 Stromarten und Schalt-

Digitized by Google

arten, 711 Leitungen, 712 grundsätzliche Schaltzeichen, 713 Schaltgeräte, 714 Umspanner und Drosselspulen, 715 Maschinen, Stromrichter, Elektroöfen, -schmelzbäder und -kessel, 716 Meßgeräte, Relais und Auslöser; Meßwandler, 717 Leitungspläne, 718 Anschlußpläne, 719 Schaltpläne.

Bei den Leitungsdarstellungen (Abb. 4) gilt als allgemeines Zeichen der ausgezogene Strich. Er soll angewandt werden für die auf einem Plan jeweils am meisten vorkommende Leitungsart. Die gestrichelte Linie ist anzuwenden für die auf einem Plan seltener vorkommende Leitungsart.

Wichtige grundsätzliche Schaltzeichen sind bereits im Zusammenhang mit Abb. 3 besprochen worden. Hier soll noch besonders auf die Zeichen für die verschiedenen Arten von Regelbarkeit hingewiesen werden. Abb. 5 enthält die erforderlichen Schaltzeichenglieder, die mit den Zeichen für Widerstand, Induktivität und Kapazität entsprechend Abb. 5, Beispiel 2 a, zusammengesetzt werden

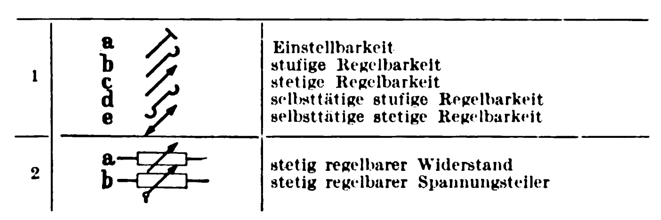


Abb. 5. Darstellung von Regeleinrichtungen.

können. Die Zeichen können auch zur Darstellung von Spannungsteilern benutzt werden, was aus dem Beispiel 2 b hervorgeht.

Von den Schaltzeichen für Schaltgeräte soll hier besonders auf die Darstellungen für die verschiedenen Auslösearten aufmerksam gemacht werden (Abb. 6). In dem

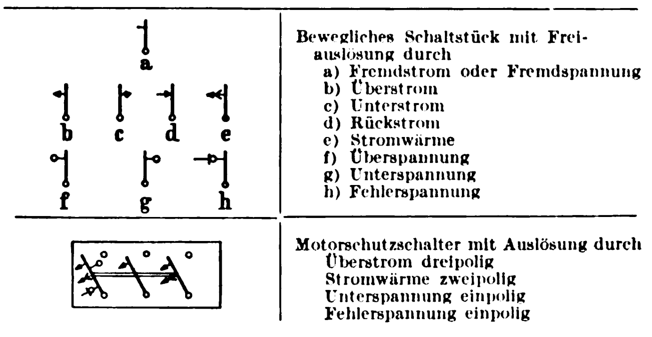


Abb. 6. Darstellung von Auslöserarten.

Beispiel des Motorschutzschalters in der gleichen Abbildung wird die Anwendung der einzelnen Auslöserzeichen erklärt.

Bei der Darstellung von Umspannern und Drosselspulen sowie bei den Maschinen haben sich gegenüber dem Neuentwurf keine wesentlichen Änderungen ergeben. Bei den Schaltzeichen für Meßgeräte, Relais und Auslöser ist die Zahl der Beispiele für Relais erheblich gekürzt worden, weil eine zu weitgehende Festlegung den Erfordernissen der Praxis nicht entsprochen hätte.

Das Blatt „Leitungspläne" enthält außer Beispielen für Leitungs- und Installationspläne die erforderlichen Schaltzeichen für Leitungsverlegung und -verteilung, für Schalt- und Verbrauchergeräte, für Kraftwerke, Unterwerke und Leitungsmaste.

Die beiden letzten Blätter enthalten Begriffs- und Ausführungsbestimmungen sowie Beispiele für Anschlußpläne, Übersichts-, Wirk- und Stromlauf-Schaltpläne.

Der „Grundschaltplan" des Entwurfes ist fortgefallen, der „Bauschaltplan" ist in gekürzter Form zum „Anschlußplan" geworden. Der „Betriebsschaltplan" des Entwurfes ist „Wirkschaltplan" genannt worden, da das Wort „Betrieb" freigelassen werden sollte für die Darstellung von verschiedenen Betriebszuständen eines Netzes.

5. Schaltzeichen für Fernmeldeanlagen.

Die Fernmeldeschaltzeichen[5]) sind gegliedert in allgemeine Zeichen für Fernmeldeanlagen und in besondere Zeichen für Telegraphen-, Fernsprech- und Funkwesen, für Fernsehtechnik sowie für Fernwirkanlagen. Gegenüber der bisherigen Fassung sind erhebliche Erweiterungen vorgenommen, die durch die Entwicklung besonders auch auf dem Gebiet der Funk- und Röhrentechnik bedingt sind. Als Beispiel wird die Darstellung der verschiedenen Gitterarten in Abb. 7 wiedergegeben. An vielen

Zeichen	Bedeutung
	Gitter (z. B. auch Wehneltzylinder)
	Schirmgitter oder Schutzgitter
	Bremsgitter oder Bremsblech allgemein
	Bremsblech insbesondere
	Steuersteg
	ungleich gewickeltes Gitter (regelbares Steuergitter)
	Gitter mit ausgenutzter Sekundäremission
	Beispiel: Fünfpolröhre geschirmt

Abb. 7. Darstellung von Gittern für Röhren.

Stellen des Entwurfes sind zur Ergänzung Hinweise auf entsprechende Schaltzeichen der Starkstromtechnik vorhanden.

Die richtige Lösung für eine geeignete Darstellung eines Schaltzeichens war nicht immer leicht, da besonders die VDE-Schaltzeichen der Starkstromtechnik, die IEC-Zeichen der Fernmeldetechnik und die übrigen, teilweise abweichenden Darstellungen, die sich inzwischen in der Praxis eingebürgert hatten, gleichzeitig berücksichtigt werden mußten.

Zusammenfassung.

Die Neubearbeitung und Vereinheitlichung des gesamten Schaltzeichenwesens der Elektrotechnik stellt einen wertvollen Beitrag auf dem Gebiet der Leistungssteigerung dar. Für die ungeheure Arbeit, die von allen Beteiligten hierbei geleistet wurde, wäre es der schönste Lohn, wenn im Laufe der Zeit alle nicht normenmäßigen Schaltzeichen verschwinden würden und nur noch die genormten Schaltzeichen uneingeschränkt angewandt würden.

[5]) Siehe Fußnote 2.

Digitized by Google

Neuartige Zellenschaltung bei Akkumulatorenbatterien.

DK 621.316.567 : 621.355.2

Die Hauptaufgabe der Batterien beim Stuttgarter Elektrizitätswerk ist, im Störungsfall einzuspringen und zur Deckung der höchsten Winterlichtspitze während weniger Tage entscheidend beizutragen. Da mit dem Anwachsen der Belastung im Netz die Batterien in Störungsfällen sehr große Stromstöße auffangen müssen, mußten auch die Leitungen und Zellenschalter verstärkt werden. Die Verstärkung der Zu- und Ableitungen der Akkumulatorenbatterien bis zur Sammelschiene machte

Abb. 1. Zellenschalterschlitten.

keine Schwierigkeiten. Bei den Zellenschaltern mußten neue Wege eingeschlagen werden, wobei die Aufgabe vom Verfasser wie folgt gelöst wurde:

Einzelne Zellen sind bekanntlich in Reihen hintereinander geschaltet und bilden eine Gruppe. Diese Gruppen einer Batterie stehen neben- und hintereinander, und sie sind durch Gruppenverbindungen miteinander verbunden. Wenn man nun eine dieser Gruppenverbindungen in der Gangrichtung eines Batterieraumes in Gestalt eines Schlittens beweglich macht, kann man von Zelle zu Zelle die Spannung im Netz regeln bzw. Zellen zu- oder abschalten.

Eine derartige Schaltung befindet sich im Unterwerk Stöckach seit April 1933 in Betrieb. Hier erfolgt also die Abschaltung und Zuschaltung von je einer Zelle links und rechts gleichzeitig, wie aus Abb. 1 ersichtlich. Es ist dies eine Batterie mit einer Leistung von 4000 A, 20 min. Dieselbe Type und Anordnung wurde im Dezember 1937 im Unterwerk Gewerbehalle aufgestellt, nur mit dem Unterschied, daß hier immer nur eine Zelle zu- und abgeschaltet wird und somit im Netz nur 2 V Spannungsunterschied auftreten, was sich beim Pufferbetrieb durch feineres Einstellen vorteilhaft auswirkt. In beiden Anlagen wird die bewegliche Gruppenverbindung (Zellenschalterschlitten) von Hand betätigt, wogegen die vor einigen Monaten im Unterwerk Reuterstraße auf-

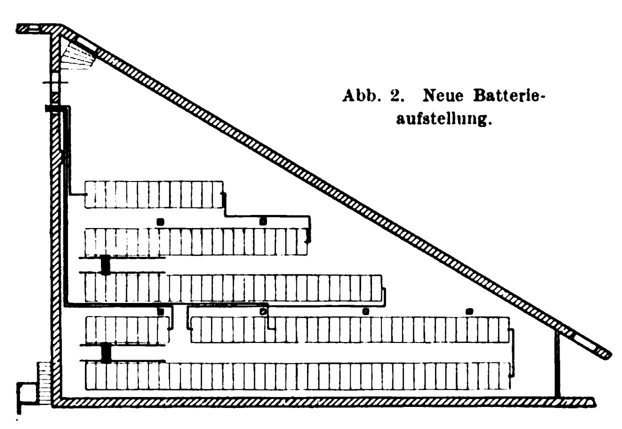


Abb. 2. Neue Batterieaufstellung.

gestellte Batterie mit einer Leistung von 8000 A, 20 min, selbsttätigen Antrieb des Zellenschalterschlittens erhält. Die Automatik erfolgt in der Weise, daß unter den in Abb. 1 ersichtlichen rechts und links

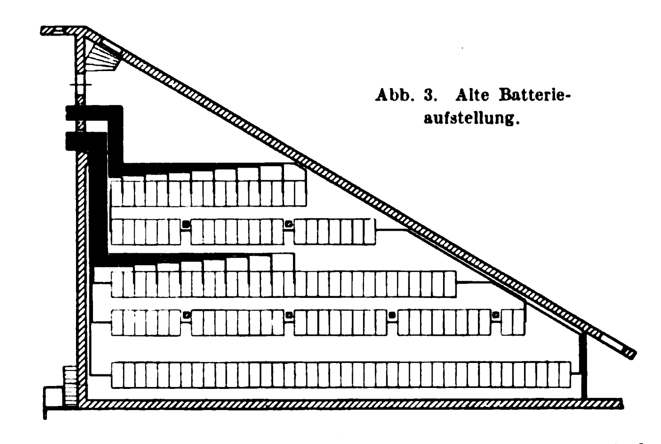


Abb. 3. Alte Batterieaufstellung.

angebrachten Gleitschienen Zahnstangen befestigt sind. In Verbindung mit einem Motor kann nun der Zellenschalterschlitten auf die gewünschte Stellung gebracht werden.

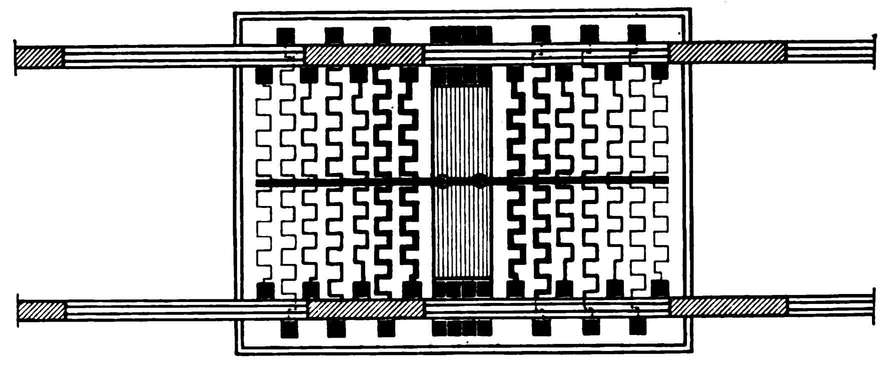


Abb. 4. Neuer Zellenschalterschlitten.

Aus den zwei Aufstellungszeichnungen dieser Anlage ersieht man die erheblichen Unterschiede in der Leitungsführung der alten und neuen Batterie (Abb. 2 und 3). Die Schaltzellen der neuen Batterie haben nur kurze Ab-

Digitized by Google

leitungsstücke gegenüber den Zellenschalterleitungen der alten Batterie, so daß hierdurch in dieser Anlage über 10 000 kg Kupfer eingespart werden. Ebenso ist kein besonderer Raum für die Zellenschalter mehr notwendig. Die Notwendigkeit des besonderen Raumes ergab sich bisher daraus, daß es bei der früheren Zellenschalterbauart nicht möglich war, unter Belastung einer Batterie funkenlos von einer Zelle zur anderen überzuschalten. Im neuen Zellenschalterschlitten (Abb. 4) sind dagegen Widerstände teils hintereinander, teils parallel geschaltet angeordnet, die nur noch einen kleinen Überschaltfunken zulassen.

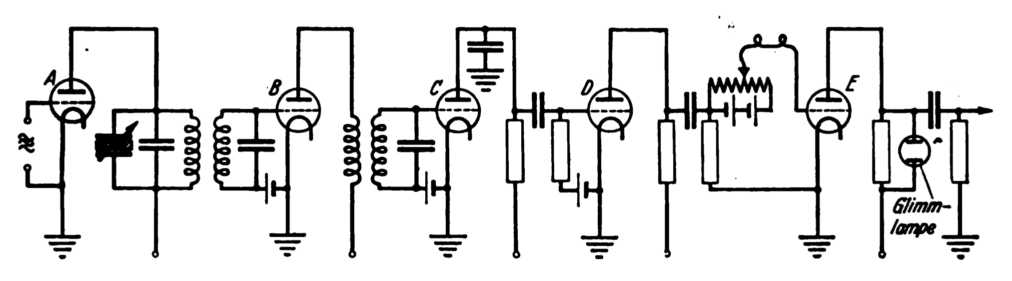
In Abb. 1 sieht man die Stromableitung und die Isolation der Leitungsführung. Die Kontaktflächen der Ableitungsstücke sind wesentlich größer als bei gewöhnlichen Zellenschaltern bisher üblicher Bauart und bieten damit eine große Sicherheit gegen Überbelastung. Es ist zu empfehlen, die Raumlüftung so anzuordnen, daß die zugeführte Frischluft da eintritt, wo der Zellenschalterschlitten angeordnet ist, damit dieser nicht unnötig den Säuredünsten ausgesetzt wird. Die Einfettung der Metallteile schützt vor dem Angriff der Säuredünste.

Neben der bedeutenden Leitungskupferersparnis hat man bei der neuen Anordnung den Vorteil, daß die früher gebräuchlichen großen und teuren Zellenschalter wegfallen. Man erreicht also durch die neue Anordnung eine erhebliche Vereinfachung und damit eine fühlbare Werkstoff- und Kostenersparnis. Willy Hollatz.

Ein kristallgesteuertes Frequenzprüfgerät.

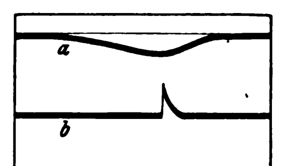
DK 621.317.361.082.73

Ausgehend von der Tatsache, daß sich die Eigenfrequenz eines Quarzes durch Änderung des Elektrodenabstandes von der einen oder anderen Kristalloberfläche um einen relativen Betrag von $\frac{1}{2}\,\frac{C_d}{C_s}$ ändern läßt, wenn C_d die Ersatzkapazität im Serienkreis des Ersatzbildes und C_s die statische Kapazität des technischen Quarzes ist, bauen Matsumura und Kanzaki ein selbsttätiges Frequenzprüfgerät mit Sichtanzeige[1]). Der benutzte Schwingquarz liegt als Resonator parallel zum Anodenkreis der Eingangsröhre des Gerätes und ist in einem Thermostaten untergebracht; die eine Elektrode wird durch ein Getriebe in hin- und hergehende Bewegung versetzt, so daß sich ihr Abstand von der Quarzoberfläche periodisch um 0,7 mm ändert. Die Eigenfrequenz des Quarzes pendelt so in einem Bereich von 10^{-4} der Ausgangsfrequenz um diese. Die Meßanordnung zeigt Abb. 1. Gerät der Resonanzkreis der Eingangsröhre (Stufe A) in Resonanz mit der zu prüfenden Frequenz, so sinkt sein Widerstand auf einen Kleinstwert ab; die Hochfrequenz wird im Rhythmus der periodischen Änderung der Eigenfrequenz des Quarzes amplitudenmoduliert. Die so modulierte Schwingung wird verstärkt (Stufe B) und rückgemodelt (Stufe C). Die niederfrequente Spannung am Anodenwiderstand des Gleichrichters verläuft im Sinn einer Absorptionskurve. Nach Umkehrung dieser Kurve, d. h. Rückführung in die Resonanzkurvenform (Stufe D) wird die im Resonanzpunkt vorhandene Spitzenspannung zur Zündung einer Glimmlampe verwendet. Zu diesem Zweck liegt parallel zum Anodenwiderstand der Ausgangsröhre (Stufe E) eine Glimmlampe. Ein Kondensator am anodenseitigen Ende lädt sich im Verlauf des ansteigenden Astes der Resonanzkurve auf; im Resonanzpunkt ist der Strom wegen der hier einsetzenden Richtungsumkehr Null. Der Kondensator ist aufgeladen und so bemessen, daß die Glimmlampe nun zündet. Damit ist eine Sichtanzeige des Eintritts der Resonanz im Eingangskreis geschaffen. Den Verlauf der am Gleichrichterausgang oszillographisch aufgenommenen Absorptionskurve zeigt Abb. 2 a, während Abb. 2 b die Anzeigeimpulsform darstellt; es läßt sich feststellen, daß der Impuls sehr genau im Resonanzpunkt einsetzt. In der praktischen Ausführung wird als Glimmlampe eine langgestreckte Neonröhre von etwa 12 cm Länge verwendet, vor der synchron mit der verstimmenden Elektrodenbewegung ein endloses Stahlband mit zwei einander genau gegenüberliegenden 0,5 mm breiten Schlitzen läuft. Vor dem Stahlband steht eine geeichte Glasskala, auf der der von der Glimmentladung erhellte Schlitz die zu messende Frequenz festlegt. Statt einer Glimmlampe kann zur Sichtbarmachung der Resonanzfrequenz auch eine Braunsche Röhre verwendet werden. In diesem Fall liegt an einem Plattenpaar eine synchron mit der verstimmenden Elektrodenbewegung verlaufende Spannung, während der Impuls am anderen Plattenpaar zur Wirkung kommt. Soll nur die Frequenz eines bestimmten Senders überprüft werden, so bemißt man den Schwingquarz so, daß die mittlere Resonanzfrequenz der zu prüfenden Frequenz entspricht. Erweitern läßt sich der Anwendungsbereich durch Vorsatz eines Hilfsoszillators und einer Mischstufe, in der die Hilfsschwingung und die zu prüfende Schwingung zu einer Schwingung bestimmter Frequenz, die wieder der mittleren Resonanzfrequenz des Resonatorkreises entspricht, vereinigt werden. Ein solches Gerät kann allgemein zur Frequenzüberwachung verwendet werden. Die erzielbare Meßgenauigkeit hängt von der Stabilität des Hilfsoszillators und der Genauigkeit, mit der die eigentliche Meßvorrichtung arbeitet, ab. Sie betrug beim beschriebenen Mustergerät 2×10^{-6}, wenn der Schwingquarz vor Beginn einer jeden Messung mit einer Genauigkeit von 1×10^{-6} geeicht wurde. In Dauerversuchen, die sich über vierzig Tage erstreckten, konnten Höchstschwankungen in der Frequenzanzeige von $\pm 0{,}5 \times 10^{-6}$ gemessen werden. *E. C. M.*



A Kristallstufe. Frequenz periodisch verändert
B Verstärker
C Entmodelungsstufe
D Umkehrstufe
E Impulserzeuger

Abb. 1. Frequenzprüfgerät mit Sichtanzeige.



a Spannungsverlauf am Anodenwiderstand der Stufe *C*
b Impuls

Abb. 2. Impulsform.

[1]) S. Matsumura u. Sh. Kanzaki, Nippon electr. Comm. Engng. 12 (1938) S. 377; 8 S., 11 Abb.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.311.21(45)

Zwei neue italienische Wasserkraftwerke. [Nach Energia elettr. 15 (1938) S. 851; 6 S., 10 Abb.]

Um die Wasserkräfte des Cordevole, eines Nebenflusses des Piave, auszunutzen, sind von der Societa Adriatica di Elettricita in Venedig[1]) zwei neue Werke im Bau, eins bei Cencenighe das andere unterhalb bei Agordo. Wie aus Abb. 1 ersichtlich

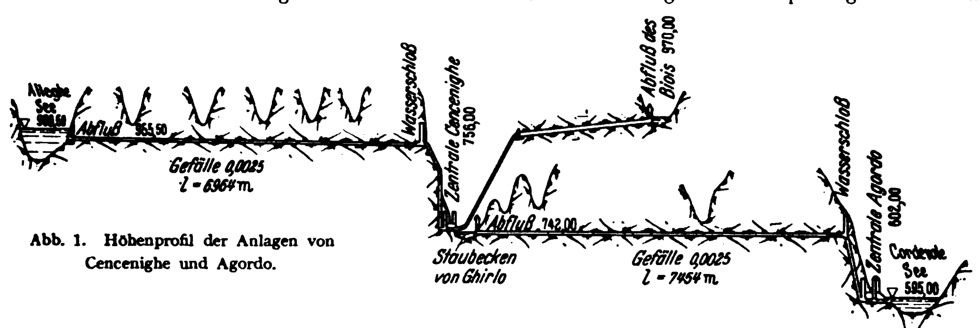


Abb. 1. Höhenprofil der Anlagen von Cencenighe und Agordo.

ist auch das Wasser des kleinen Flusses Biois einbezogen. Außer dem vorhandenen See von Alleghe sind 3 Staubecken errichtet, so daß die Staumenge 53 Mill m^3 beträgt. Es wird für das Werk Cencenighe ein Niederschlagsgebiet des Cordevole von 248 km^2 und des Biois von 118 km^2 ausgenutzt. Die mittlere Wassermenge beträgt 8,0 m^3/s, die größte 17,1 m^3/s. In den Staubecken können für das Werk Cencenighe 1,7 Mill kWh und für Agordo 3,0 Mill kWh aufgestaut werden.

Die Arbeiten des Werkes Cencenighe sind am meisten vorgeschritten. Es kommen 2 Vertikalturbinen von 13 200 kW mit 2 Drehstromerzeugern von 18 000 kVA zur Aufstellung. Die Jahreserzeugung beträgt somit vorläufig 106 Mill kWh. Das Werk Agordo verfügt über ein Niederschlagsgebiet von 447 km^2, da der Gebirgsbach Corpassa in den Wassertunnel eingeleitet wird. Die mittlere nutzbare Wassermenge ist 9,10 m^3/s und wird durch das Staubecken Ghirlo gesteuert, die größte in der Zentrale aufzunehmende Wassermenge beträgt 20,0 m^3/s. Hier kommen Turbinensätze gleicher Leistung wie in Cencenighe zur Aufstellung, so daß die mittlere Jahresenergiemenge 87 Mill kWh betragen wird. Da die „Adriatica" noch andere Werke im Piavegebiet errichten will, glaubt man eine Jahreserzeugung aus dem Gebiete von 700 Mill kWh[2]) herausziehen zu können. *Rtz.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.318.7.001.24

Überschlägige Berechnung von gleichstromvormagnetisierten Drosseln. [Nach Walter Hartel, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 9, S. 585; 8 S., 6 Abb.]

Bei der Berechnung von gleichstromvormagnetisierten Drosseln stößt man allgemein auf große Schwierigkeiten, wenn es sich um die rechnerische Ermittlung des Induktivitätsverlaufes in Abhängigkeit von der Vorsättigung oder vom Luftspalt handelt. Sobald die Wechselstrom-AW. genügend klein gegenüber der Gleichstromvorsättigung sind, kann man die Fröhlichsche Formel für die Magnetisierungskennlinie mit Vorteil verwenden. Man erhält für die Induktivität einen Ausdruck, der nur noch vom relativen Luftspalt, das ist der Anteil des Luftspaltes am gesamten Eisenwege, und von den Gleichstrom-AW./cm abhängt. Zwei Kurvenscharen werden gezeichnet: Die eine gibt die Induktivität in Abhängigkeit von der Gleichstromvorsättigung bei verschiedenen festgehaltenen Luftspalten wieder, die andere stellt die Induktivität in Abhängigkeit vom Luftspalt bei verschiedenen Gleichstromvorsättigungen dar. Auf diese Art kann die Induktivität, wenn man von einem Faktor absieht, durch bezogene Größen dargestellt werden, so daß die Ergebnisse für beliebige Drosseltypen verwendet werden können. Vorausgesetzt wird dabei die Verwendung derselben Eisensorte. Ein Ausdruck für den optimalen Luftspalt, das ist jener Luftspalt, der bei vorgegebener Gleichstromerregung die max. Induktivität ergibt, wird angeschrieben. Die max. Induktivität und der zugehörige Luftspalt werden ebenfalls in Abhängigkeit von der Vorsättigung als analytischer Ausdruck und in Kurvenform angegeben.

Die Übereinstimmung mit der Messung ist im Bereich großer Luftspalte gut. Für kleine Luftspalte bzw. für luftspaltlose Drosseln sind die nach den gegebenen Formeln errechneten Induktivitätswerte nur noch für große Vorsättigungen richtig. Für kleine Vorsättigung werden sich je nach der Eisensorte zu große Werte für die Induktivität ergeben. Diese Abweichung ist auf die reversible Permeabilität und auf die Verwendung der Nullkurve als Ausgangspunkt der Rechnung zu erklären. Für Glättungsdrosseln jeder Art geben die Formeln z. B. sehr zuverlässige Werte an.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.39 : 621.43 : 531.787

Ein elektromagnetischer Indikator und Klopfmesser. [Nach J. Ratzke, Jb. dtsch. Luftf. Forschg. 2, Triebwerk 1938, S. 368; 5 S., 13 Abb.]

Für die Erforschung der Vorgänge in den Verbrennungskraftmaschinen wurden bis jetzt in der Hauptsache Quarzindikatoren verwendet. Da diese aber im Aufbau und in der Bediennng große Anforderungen stellen, wurde ein einfacher elektromagnetischer Membran-Indikator entwickelt. Die Arbeitsweise ist aus der Abb. 2 zu entnehmen. Die Membran *M* und die Spulenalterung *H* sind aus unmagnetischem Werkstoff hergestellt, während das Gehäuse *G* zum Rückschluß des magnetischen Flusses verwendet wird, Dadurch und infolge des zentrisch symmetrischen Aufbaues wird erreicht, daß nur eine axiale Bewegung des magnetischen Tauchankers *a* eine Veränderung des Scheinwiderstandes in der Doppeldrossel *D* bewirkt.

a Tauchanker
r Dichtungsring
D elektrische Doppeldrossel
G Indikatorgehäuse
H Spulenhalterung
K Spulenkern
L Ableitungen
M Membran

Abb. 2. Schnitt durch den Indikator.

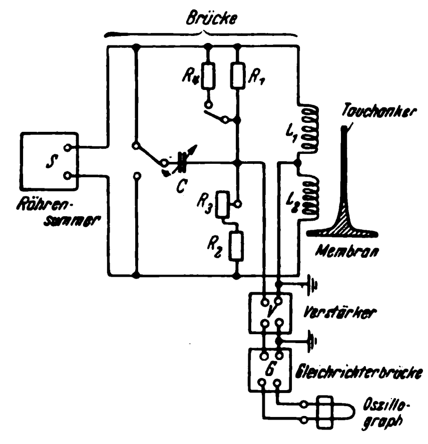
Die elektrische Meß- und Verstärkereinrichtung für den Indikator ist dieselbe wie bei dem elektrischen DVL-Dehnungsmesser[1]). Sie besteht im wesentlichen aus einem Röhrensummer,

[1]) ETZ 58 (1937) S. 1326.
[2]) Die Jahresleistung aller italienischen Werke betrug 1938 rd. 15 Mrd kWh.

[1]) J. Ratzke, Ein neuer elektrischer dynamischer Dehnungsmesser, Jahrbuch 1937 der Deutschen Luftfahrtforschung II, S. 520 u. DVL-Jahrbuch 1937, S. 520.

Digitized by Google

welcher die Trägerfrequenz liefert und die Wechselstrombrücke speist (Abb. 3). In der Brücke wird die Trägerfrequenz entsprechend der Bewegung des Tauchankers und somit der Druckänderung moduliert. Die Brücke besteht in dem einem Zweig aus der Doppeldrossel des Indikators mit den Spulenhälften L_1, L_2, während der andere Zweig aus zwei ohmschen Widerständen R_1, R_2 und dem einstellbaren Widerstand R_3, womit die Brücke auf das genaue Verhältnis L_1, L_2 abgeglichen werden kann, gebildet wird. Zum genauen Phasenabgleich ist noch eine umschaltbare Parallelkapazität C vorgesehen. Mit Hilfe eines Telephons, welches am Ausgang des Verstärkers mit angeschlossen wird, kann die Brücke auf Tonminimum abgestimmt werden. Für die Eichung der Empfindlichkeit und die Reproduzierbarkeit derselben ist ein Brückenverstimmungswiderstand R_4 parallel zum festen Brückenwiderstand zu- und abschaltbar vorgesehen. Ein Verstärker V mit Siebmitteln und Oberwellenfilter und eine Gleichrichterbrücke G mit nachgeschaltetem



C Abgleichkapazität L_1, L_2 Doppeldrossel $R_1 \cdots R_4$ Brückenwiderstände

Abb. 3. Elektrische Meß- und Verstärkerschaltung.

Paßfilter vervollständigen die Meßeinrichtung. Die Aufzeichnung kann nun entweder mittels Braunscher Röhre oder dem Schleifenoszillographen vorgenommen werden. Die Eichkurve des Gerätes ist infolge der endlichen Länge des Tauchankers (zwei Drittel der Spulenlänge) linear. Auch hat eine bleibende Durchbiegung der Membran nur eine Nullpunktverschiebung und keine Empfindlichkeitsänderung zur Folge, worin sich das Gerät von dem bisher verwendeten elektromagnetischen Membran-Indikatoren unterscheidet.

Wird der Indikator in nur einer Spulenhälfte mit Gleichstrom erregt, so kann die durch die Bewegung der Membran und des Tauchankers induzierte Wechselspannung nach einer anderen Anordnung abgegriffen, verstärkt und aufgezeichnet werden. In dieser Schaltung eignet sich das Gerät zur Aufnahme von schnellen Druckschwankungen, wie sie z. B. beim Klopfvorgang auftreten. *Eb.*

DK 621.317.71

Das Dreheisenfeinmeßgerät. [Nach H. Toeller, Arch. Elektrotechn. 32 (1939) H. 9, S. 593; 16 S., 18 Abb.]

Bei den auf dem Markt befindlichen Dreheisengeräten wird wegen der Hystereseerscheinung in den Eisenkernen eine Fehlergrenze von $\pm 0{,}4\%$ garantiert (frühere Klasse E). Es ist aber Bedarf für ein Dreheisengerät vorhanden, das für Gleich- und Wechselstrom die Klasse 0,2 mit genügender Sicherheit einhält, einmal um das Dreheisengerät nicht nur für Wechselstrom-, sondern auch für Gleichstrom-Feinmessungen verwenden zu können und andererseits, um neben dem Dynamometer ein hinsichtlich des Aufbaues, des Temperaturfehlers und des Leistungsverbrauchs günstigeres Wechselstrom-Feinmeßgerät zu erhalten, das mit einem Gleichstromkompensator eichbar ist. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich eingehend mit dem Hysteresefehler von Dreheisengeräten, für den eine Formel aufgestellt wird, die den Einfluß der Abmessungen und der magnetischen Eigenschaften der Kerne berücksichtigt. Die zahlreichen experimentellen Untersuchungen mit Kernen aus verschiedenen Eisennickellegierungen bestätigen die Richtigkeit der Formel. Ein nach diesen Erkenntnissen gebautes Dreheisenfeinmeßgerät mit Isolationsaufbau hat einen Gleichstromfehler von nur 0,1%. Die Eichung bei steigendem Gleichstrom stimmt genau mit der Eichung bei 50 Hz Wechselstrom überein. Bei 350 Hz beträgt der Frequenzfehler des Gerätes 0,2%. Da bei Dreheisenfeinmeßgeräten der Fremdfeldeinfluß eine große Rolle spielt, werden die Astasierung und die magnetische Abschirmung kritisch verglichen. Es zeigt sich, daß bei Dreheisengeräten die astatische Anordnung mehrere Nachteile hat, während durch eine verhältnismäßig einfache magnetische Abschirmung der Anzeigefehler des neu entwickelten Gerätes bei einem Fremdfeld von 5 Ø auf 0,07% vom Skalenendwert verringert werden kann.

DK 621.314.224.3

Prüfungen und Beglaubigungen. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung[1])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905), werden dem System 27 folgende Stromwandlerformen als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System 27, die Formen AGT3S und AUT3S, Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Siemens & Halske Aktiengesellschaft in Berlin-Siemensstadt.

Berlin-Charlottenburg, den 15. Juni 1939.

DK 621.385.17

Bekanntmachung[2])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihnen die beigesetzten Systemzeichen zuerteilt worden.

I. System 203, die Formen MF1 und MF1d, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter,

II. Zusatz zu System 203, die Form MFP3, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter,

III. Zusatz zu System 203, die Formen MF1φh und MF1φhd, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter zur Messung des Blindverbrauches,

IV. Zusatz zu System 160, die Formen FF1φh und FF1φhd, Induktionszähler für Drehstrom ohne Nulleiter zur Messung des Blindverbrauches,

sämtlich hergestellt von der Firma Landis u. Gyr Aktiengesellschaft in Zug in der Schweiz.

Berlin-Charlottenburg, den 21. Juni 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
In Vertretung
Möller.

Lichttechnik.

DK 621.327.3/.4.062.001.1

Die Verwendung der Spannungsresonanz im Betrieb von Gasentladungslampen. [Nach H. Strauch, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 9, S. 561; 12 S., 19 Abb.]

Schaltet man eine Gasentladungslampe in Reihe mit einer Drosselspule und einem Kondensator, so beobachtet man sehr günstige Betriebseigenschaften der Lampe. Der Strom eilt der Netzspannung voraus und vermindert damit die Phasenverschiebung induktiv belasteter Leitungsnetze, die Rohrspannung kann praktisch so groß wie die effektive Netzspannung gemacht werden, ohne daß man ein Erlöschen der Lampe befürchten muß. Je nach der Wahl der Eigenfrequenz des Schwingungskreises kann man sämtliche Oberwellen unterdrücken oder sehr stark in die Erscheinung treten lassen. Auch die Verhältnisse während des Hochbrennens der Lampen lassen sich in weiten Grenzen regeln. Kombiniert man eine Lampe in Resonanzschaltung mit einer Lampe in der üblichen Drosselschaltung, so kann man das Periodenflimmern weitgehend unterdrücken, die Phasenverschiebung zwischen Netzspannung und Strom aufheben und die

---

1) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1286. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

2) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1207. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

Digitized by Google

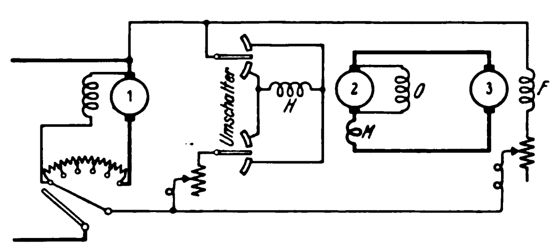
Netzbelastung während des Hochbrennens der Lampen besonders günstig gestalten. Die Berechnung geschieht nach einem früher abgeleiteten Überlagerungsgesetz für Gasentladungen. Die Untersuchungen stehen in guter Übereinstimmung mit oszillographischen Messungen.

Verkehrstechnik.

DK 621.337.41

Fahrschaltung mit Steuerumformer. [Nach J. Bentley, Electr. Engr. 6 (1938) S. 966; 4½ S.; 8 Abb.]

Das Anfahren mit Widerstandsstufen bringt elektrische und mechanische Stöße, die vermindert werden können, wenn jedesmal beim Übergang auf die nächste Stufe das Motorfeld kurzzeitig verstärkt würde. Eine ähnliche Einrichtung ist bei Deckwinden und Kranen üblich, wobei während der Anfahrt der Strom einen konstanten Wert behält und die Änderungen des Drehmomentes durch selbsttätige Regelung der Motorfelder bewirkt wird. In Weiterentwicklung dieser Schaltungen hat der Verfasser eine für Bahnen brauchbare Schaltung vorgeschlagen, deren grundsätzliche Anordnung aus Abb. 4 hervorgeht. Er ist



1 Umformermotor
2 Umformergenerator
3 Triebmotor
H vom Netz fremderregtes Generatorfeld
F fremderregtes Motorfeld
M Hauptschlußfeld des Generators
O Nebenschlußfeld des Generators

Abb. 4. Fahrschaltung mit Steuerumformer.

der Ansicht, daß die Verwendung eines Motorgenerators zur Änderung der Motorkennlinien bei der Anfahrt günstiger und wirtschaftlicher ist als die üblichen Schaltwerke mit Widerstandsstufen. Die Fahrmotoren können Nebenschlußerregung erhalten, da dies eine Stromrückgewinnung beim Bremsen möglich macht und die sonstigen Vorteile der Reihenschlußmotoren bei Speisung mit veränderlicher Spannung nicht ins Gewicht fallen. Der Umformergenerator muß eine stark abfallende Kennlinie haben, damit bei Überlast die Spannung auf Null zurückgeht. Er hat ein vom Netz fremderregtes Feld *H* und ein zu seinem Anker parallel liegendes Nebenschlußfeld *O*. Diesen beiden Feldern wirkt das Hauptschlußfeld *M* entgegen. Gewöhnlich wird das Drehmoment der Fahrmotoren durch Änderung des Feldes *H* bewirkt, während die Geschwindigkeitsregelung durch das Feld *O* erzielt wird. In der vorliegenden Schaltung wird das Feld *H* des Umformers zur Einstellung des Drehmomentes und das Feld *F* der Triebmotoren in zwei Stufen zur Beeinflussung der Geschwindigkeit geändert. Wird das Feld *F* zur Geschwindigkeitsverminderung verstärkt, so wächst die Gegen-EMK des Motors, dadurch wächst auch der Strom im Feld *O*. Die Spannung des Umformergenerators und die Gegen-EMK des Triebmotors steigen und fallen immer zusammen, so daß der Strom in diesem Kreise immer gleich bleibt. Die elektrische Nutzbremsung wird dadurch eingeleitet, daß durch Schwächung des Feldes *H* die Stromlieferung des Generators vermindert wird, wodurch das vom Motor gelieferte Drehmoment kleiner als das Belastungsdrehmoment wird. Die Triebmotoren arbeiten dann als Generatoren und der Umformer liefert Energie in das Netz zurück. Das Feld *M* kehrt sich um und unterstützt nun die Felder *H* und *O*. Dadurch verkleinert sich die Drehzahl des jetzt als Motor laufenden Generators, und die Stromrücklieferung wird auch auf den im Motorkreis zulässigen Stromwert begrenzt. Sollen mehrere Wagen von einem Führerstand aus gesteuert werden, so müssen die Felder aller Umformergeneratoren durch einen gemeinsamen Hilfsumformer mit veränderlicher Spannung gespeist werden. Der Führerschalter hat dann nur einen vielstufigen Widerstand, der in Reihe mit dem Erregerfeld dieses Hilfsumformers liegt, Kontakte für die Feldregelung der Fahrmotoren und einen Fahrtrichtungsschalter. Für die Motorfelder sind zwei Stufen vorgesehen, es kann durch ein Schütz ein Vorwiderstand ein- oder ausgeschaltet werden. Man erhält so zwei Hauptgeschwindigkeitsstufen. Die Gesamtzahl der Stufen ist durch die Zahl der Stufen des Widerstandes im Feldkreis des Hilfsumformers gegeben, der die Erregung des Hauptgenerators liefert. *Dtt.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.392.2

Untersuchung über die Fortpflanzungserscheinungen in einer unsymmetrischen Mehrpolleitung als Entwicklung der Mehrpolleitungstheorie. [Nach S. Koizumi, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 609; 14 S., 9 Abb.]

Schalten wir zwei gleiche Mehrpolnetzwerke, die trotz ihrer elektrischen Unsymmetrie die gleiche Anzahl von Eingangs- und Ausgangsklemmen erhalten, hintereinander, so können wir zwei neue symmetrische Mehrpolleitungen — erstens Eingangsklemme an Eingangsklemme und zweitens Ausgangsklemme an Ausgangsklemme aneinanderstoßend — herleiten. Damit tritt die früher entwickelte Mehrpolleitungstheorie in Kraft. Der Verfasser beweist u. a., daß der unsymmetrische Mehrpol in einem System von selbständigen unsymmetrischen Vierpolen vermittels zweier Separationsmatrizen zerlegt werden kann. Dabei lassen sich Übertragungsmaße und Wellenwiderstände in bezug auf die zu trennenden Vierpole angeben. Sodann werden die Umformungsgleichungen zwischen den ursprünglichen Größen und den entsprechenden Normalkomponenten sowohl von Spannung und Strom als auch von Widerstand und Leitwert aufgestellt, dabei handelt es sich im folgenden um die verschiedenen Matrizen von Eingangs- und Ausgangs-Scheinwiderständen, von Ketten- und Wellenwiderständen sowie von den Wellenübersetzungsmaßen, mit denen man die Spannungen und Ströme bei einem gegebenen Abschlußzustand auf der Sender- bzw. Empfängerseite bestimmen kann. Dazu dienen auch die angegebenen Ersatzschaltungen. Vermittels dieser Ersatzschaltungen und Übersetzungsmatrizen werden die Reflexionserscheinungen bei den Abschlußwiderständen behandelt. Auch läßt sich die Eingangs- und Ausgangs-Scheinwiderstandsmatrix bei etwas abweichendem Abschluß von der Wellenwiderstandsmatrix quantitativ bestimmen, und mit dem im erweiterten Sinne des aufgestellten Kirchhoffschen Umkehrungssatzes ein beachtenswertes Ergebnis in bezug auf die Ausgangsstrommatrizen der Mehrpolleitungsketten abgeleitet.

DK 621.385.16

Die unterteilte Magnetfeldröhre. [Nach K. Owaki u. T. Suzuki, Electrotechn. J. Tokio 2 (1938) S. 257; 2½ S., 9 Abb.]

Obwohl der Magnetfeldröhren-Sender im Gebiet längerer Dezimeterwellen ein sehr zuverlässiger und mit gutem Wirkungsgrad arbeitender Generator ist, gehen die Bestrebungen ständig dahin, aus der großen Zahl von Möglichkeiten der Schwingungserzeugung immer wieder neue Verfahren mit noch besseren Eigenschaften der Röhren herauszufinden. Vielfach werden dabei naturgemäß nur die Vorteile hervorgehoben, während man sich über die Nachteile ausschweigt oder darüber hinweggeht. Dies gilt in gewissem Grade auch von der neu herausgebrachten „unterteilten Magnetfeldröhre" (Sectionalized Magnetron) der Japaner, über deren bessere Eigenschaften berichtet wird. Die neue Röhre ist genau wie die bekannte geschlitzte Magnetfeldröhre aufgebaut, mit dem einzigen Unterschied, daß sie durch senkrecht zur Anodenzylinderachse und zum Heizfaden stehende Scheiben in mehrere selbständige nebeneinander liegende Teile unterteilt ist, wobei jedoch ein gemeinsamer Heizfaden benutzt wird. An sich ist die Seitenplatten-Magnetfeldröhre in ihrer Wirkungsweise bekannt, jedoch dürfte der Einfluß der Seitenplatten in der japanischen Anordnung deshalb stärker hervortreten, weil mehrere Seitenplatten benutzt werden, so daß deren gegenseitiger Abstand geringer wird. Durch entsprechende Wahl des Seitenplattenabstandes im Verhältnis zum Anoden-Kathoden-Abstand kann der Einfluß der Seitenplatten nunmehr auf die ganze Entladungsstrecke ausgedehnt werden, während die Eingriffzone bisher verhältnismäßig gering war. Der Vorteil der neuen Röhre liegt darin, daß durch die Seitenplatten eine Art Raumladungssteuerung möglich wird. Die Ergebnisse zeigen in der Tat, daß derartige Röhren im Raumladegebiet arbeiten, wodurch einerseits ein sehr hoher Wirkungsgrad (bis 75 %) erreicht wird, anderseits die Gefahr der Kathodenzerstörung durch Bombardement fehllaufender Elektronen in der starken Raumladung der Kathode unterdrückt wird. Die Untersuchungen beschränken sich auf die sogenannten Drehfeldschwingungen

Digitized by Google

(in Japan mit B-Schwingungen bezeichnet), deren bekanntes physikalisches Verhalten in der unterteilten Magnetfeldröhre nicht anders ist als in der einfachen Röhre. Über die Nachteile der Röhre werden keine Angaben gemacht. (Nach den Untersuchungen des Berichters liegen sie darin, daß die Röhre einen sehr hohen Innenwiderstand aufweist, so daß sehr große Leistungen nur durch den Kompromiß erzielt werden können, daß man die Raumladung wieder aufzuheben versucht.) *Grs.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.315.025.001.24

Zur Theorie des Zweiphasen-Dreileitersystems. [Nach G. Hauffe, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 9, S. 623; 4 S., 5 Abb.]

Das normale Zweiphasensystem besitzt größenmäßig übereinstimmende Spannungen, die um 90 elektrische Grade gegeneinander phasenverschoben sind. Es ist ein unsymmetrisches Mehrphasensystem und kann in dem eingangs gekennzeichneten Normalfall als unverzerrt bezeichnet werden. In allen den Fällen, in denen die Größen- und Lagenbeziehungen zwischen beiden Spannungen nicht die üblichen sind, ist zweckmäßig von einem verzerrten Zweiphasensystem zu reden. Das verzerrte Zweiphasen-Dreileitersystem gestattet eine Zerlegung in zwei gegenläufige unverzerrte Systeme, für deren graphische Ermittlung eine ähnliche Konstruktion besteht, wie sie z. B. von Zachrisson für die Bestimmung der gegenläufigen symmetrischen Komponenten eines unsymmetrischen Drehstromsystems angegeben worden ist: Über dem Vektor der verketteten Spannung des Spannungsvektor-Dreieckes 0—1—2 werden nach beiden Seiten gleichschenklig rechtwinklige Dreiecke errichtet, deren Spitzen 0′ und 0″ mit dem Dreieckspunkt 0 verbunden werden. Die Verbindungslinien stehen in einfachen (größen- und phasenmäßigen) Beziehungen zu den gesuchten Komponenten. Das Verhältnis der beiden Komponenten ist der Verzerrungsgrad. Als Kurven gleichen Verzerrungsgrades ergeben sich Kreise, deren Gleichung (Kreisschargleichung) aufgestellt wird.

Physik.

DK 538.522.3.001.5

Gekoppelte Kreise mit stromabhängiger Induktivität als Kopplungselement. [Nach W. Taeger, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 9, S. 573; 12 S., 5 Abb.]

Untersuchungen an Schutzdrosseln, wie sie in der Starkstromtechnik zur Verhütung von schädlichen Überspannungen an Kondensatoren verwendet werden, enthalten stets Eisenkerne, weil man damit — neben geringen Eigenverlusten — am leichtesten die gewünschte Schutzwirkung erzielt.

In derart mit Eisendrosseln gekoppelten Kreisen treten nun Erscheinungen auf, die von denen in eisenlos gekoppelten Kreisen in mehr als einer Hinsicht abweichen.

Wählt man die schon mehrfach im Schrifttum benutzte analytische Darstellungsform für die magnetische Kennlinie

$$i = \frac{1}{\mu}\,(\Phi + f\,\Phi^3),$$

wobei μ von der Dimension eines Koeffizienten der gegenseitigen Induktion, f den Formfaktor der Kennlinie, Φ den Fluß und i den Magnetisierungsstrom darstellen, so erhält man in der Nähe der Resonanzstelle für die beiden Koppelschwingungen:

$$\nu_1 = \frac{\beta\,\Delta}{\sqrt{\lambda\,C\,(1+\varkappa)}} \quad \text{(langsame Koppelschwingung),}$$

$$\nu_2 = \frac{1}{\sqrt{\lambda\,C\,(1-\varkappa)}} \quad \text{(schnelle Koppelschwingung)}$$

wobei $\varkappa$ der Kopplungskoeffizient und Δ eine Größe ist, die vom Formfaktor f abhängt und außerdem mehrdeutig ist; somit ergeben sich für die langsame Koppelschwingung mehrere mögliche Werte.

Interessant ist auch das Verhalten des Phasenwinkels zwischen Strom und der Spannung an der Eisendrossel. Der durch eine rein sinusförmige Spannung in der Eisendrossel erzeugte Strom besitzt bekanntlich eine ausgeprägte dritte Oberwelle, die hier aber nicht näher untersucht werden soll. Vielmehr interessiert die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Grundwelle des Stromes. Ersetzt man die oben gegebene analytische Form für die Magnetisierungskurve durch

$$i = \frac{1}{a\,\mu}\,\mathfrak{Sin}\,a\,\Phi,$$

wobei hier der Formfaktor a mit dem der ersten Darstellungsform durch die Beziehung

$$a = \pm\sqrt{6\,f}$$

zusammenhängt, so folgt für den Phasenwinkel

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{\omega\,q}{R}\cdot\frac{1 - a^2\,\tau_1}{1 + a^2\,\tau_2}.$$

Hierbei sind nun τ_1 und τ_2 Größen, die von ohmschen Widerstand R abhängen, d. h. also, daß der Richtungssinn des Phasenwinkels sich durch Änderungen der Größe von R beeinflussen läßt, ist nämlich $a^2\,\tau_1 > 1$, so wird $\operatorname{tg}\psi$ negativ, während es für $a^2\,\tau_1 < 1$ positiv wird, q enthält nur L und C. Für $a = 0$ (Luftdrossel) ist dagegen $\operatorname{tg}\psi$ nur vom Verhältnis der Größen ω, L, C und R abhängig, den Richtungssinn des Phasenwinkels bestimmen hier L und C allein.

Verschiedenes.

DK 518.5

Symbolische Darstellung der Regeln des logarithmischen Rechenschiebers. [Nach G. Schendell, Z. Instrumentenkde. 59 (1939) S. 124; 11 S., 2 Abb.]

Jeder Ingenieur, der den Rechenstab benutzt, kennt die Hemmungen, die dadurch entstehen, daß bei Ausführung nicht sehr häufig vorkommender Rechnungsarten die entsprechenden Rechenschieberregeln dem Gedächtnis entschwunden sind. Man greift zu Bleistift und Papier — nutzt also den Vorteil des Rechenschiebers nur teilweise aus — oder versucht mit Hilfe der Gebrauchsanweisung das entschwundene Wissen wieder aufzufrischen. Da aber in den Anweisungen die einzelnen Regeln wortmäßig dargestellt sind, erfordert das Nachsuchen meistens eine geraume Zeit, die für die Erledigung der Rechenarbeit verloren geht. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit bei den Rechenarbeiten werden nun die einzelnen Schieberregeln in symbolischer Form so dargestellt, daß sie jederzeit leicht wieder dem Gedächtnis eingeprägt werden können. Unter Benutzung der für die einzelnen Teilungen des Rechenschiebers allgemein gebräuchlichen Buchstaben, wie: O_1, O_2, U_1, U_2, R, S, T, S und T usw. und einiger einfacher Zeichen hat der Verfasser ein System entwickelt, das die Regeln formelmäßig zu gestalten ermöglicht. Der Vorteil liegt in der Kürze und Übersichtlichkeit der symbolischen gegenüber der wortmäßigen Darstellung und ihrer besseren Verwendung zu Lehr- und Lernzwecken.

Als Beispiel mag hier die Regel für das Radizieren in der symbolischen Darstellung angeführt werden:

Formel: $\sqrt[n]{b} = a,$

Regel: $\frac{M\,G}{b \perp P} \leftarrow n \perp O_2 + \frac{\rightarrow G}{A\,(E) - O_2} = \left|\frac{M}{a \perp P}\right|.$

In Worten ausgedrückt:

Stelle die seitliche Marke M des Glasläufers G über die Zahl b auf der Potenzteilung P, schiebe die Zahl n auf der Teilung O_2 an den Glasläuferstrich G, verschiebe den Glasläuferstrich bis über den Anfang bzw. das Ende der Teilung O_2 und lies unter der seitlichen Marke M das Ergebnis a auf der Teilung P ab.

Die Regeln für die vorkommenden Rechnungsarten und oft gebrauchten Formeln werden für den Elektroschieber Nr. 37 und den Rechenschieber „System Rietz" Nr. 23 R in mehreren Tafeln dargestellt und durch je ein Beispiel erläutert. Unter „Anmerkungen" wird auf besonders beachtenswerte Punkte für die Rechnung hingewiesen.

Selbstverständlich sind die den Rechenschiebern beigegebenen ausführlichen Gebrauchsanweisungen für das tiefere Verständnis des Rechenschiebers und für das Studium der Einzelheiten nach wie vor unentbehrlich.

Die symbolische Darstellung der Regeln wird aber als willkommene Ergänzung für die erste Erlernung und die Wiederauffrischung der Regeln sowie für den Lehrbetrieb Anwendung finden; sie ist für Rechenschieber beliebiger Herkunft und der verschiedensten Teilungen sowie für Sonderschieber gleich gut geeignet. *eb.*

Digitized by Google

Elektrizitätswirtschaft in der Slowakei.

DK 621.311(437)

Die Slowakei und die ehedem mit ihr eine Wirtschaftseinheit darstellende Karpatho-Ukraine gehörten zwar zu den am wenigsten mit elektrischer Energie ausgestatteten Ländern der früheren tschecho-slowakischen Republik, doch besaß die Energiewirtschaft eine verhältnismäßig hohe Bedeutung, da sich auf ihr ein wesentlicher Teil der Industrie in diesen beiden Ländern aufbaute. Ähnlich wie in den Ländern Böhmen und Mähren ist auch in der Slowakei die Elektrizitätsversorgung regional gegliedert. Vor der Abtrennung der an Ungarn gefallenen Teile der Slowakei und vor Rückgliederung der Karpatho-Ukraine gab es sechs große regionale Versorgungsbetriebe für Elektrizität, wobei allerdings zu bemerken ist, daß einzelne industrielle Großbetriebe, wie die Papier- und Zellulosefabriken und Spinnereien, eigene, teils Wasser-, teils Wärmekraftwerke besitzen. Bei den regionalen Versorgungsbetrieben handelte es sich um folgende:

Westslowakische Elektrizitätswerke AG. (Preßburg),
Mittelslowakische Elektrizitätswerke AG. (Neusohl),
Südslowakische Elektrizitäts AG. (Komorn),
Ostslowakische Elektrizitäts AG. (Kaschau),
Vereinigte Elektrizitätswerke der nordwestlichen Slowakei (Sillein),
Karpathorussische Elektrizitätswerke AG. (Užhorod).

Durch die Abtretung der Gebietsteile um Komorn und Kaschau sind die süd- und ostslowakischen Versorgungsbetriebe und die selbständige karpathorussische Gesellschaft an Ungarn gefallen. Die Abtretung wichtiger Betriebe auf dem Gebiete der Energiewirtschaft stellt die amtlichen Stellen in Preßburg vor eine große Anzahl umfangreicher Probleme finanzieller und betriebswirtschaftlicher Natur. Letztere insofern, als z. B. die Versorgungsbetriebe der süd- und ostslowakischen Elektrizitätswerke Strom an Gemeinden und Betriebe liefern, die nicht an Ungarn fielen, außerdem auch noch von Kohlelieferungen aus dem slowakischen Gebiet abhängig waren, wie umgekehrt. Sehr umfangreich ist auch das zu lösende finanzielle Problem, denn nahezu alle regionalen Versorgungsbetriebe haben ihre Anlagen mit Hilfe von Anleihen gebaut, für deren Verzinsung und Tilgung das Land Slowakei die Haftung übernommen hat, und schließlich befinden sich erhebliche Teile der Aktien der einzelnen Gesellschaften nicht nur in Landesbesitz, sondern auch im Besitze des ehemaligen tschecho-slowakischen Staates. Die Bedeutung der regionalen Stromversorgungsbetriebe in der Slowakei sowie im abgetretenen Gebiet geht aus Zahlentafel 1 hervor:

Zahlentafel 1.

	Aktien-kapital	garant. Anleihen	versorgte Gemeinden	Stromabg.
	in Mill RM*)			Mill kWh
Heutige Slowakei:				
Westslowakische Elektr. AG. .	2,12	2,3	160	70
Mittelslowakische „ „ .	2,3	3,82 [1])	176	35,5
Nordwestslowak. „ „ .	1,7	—	139	42
im abgetretenen Gebiet:				
Südslowakische Elektr. AG.[2]) .	8,5	—	77	16
Ostslowakische „ „[3]) .	1,275	—	100	11
Karpatho-Ukraine				
Karpathoruss. Elektr. AG. . .	2,55 [4])	4,25	39	8

*) Umgerechnet aus slowakischen Kronen zum Kurs von 12 K = 1 RM.
[1]) hiervon je 1 Mill RM auf mittel- und nordwestslowakische und 1,8 Mill auf ostslowakische AG entfallend.
[2]) belieferte auch das E-Werk Nytra im nichtabgetretenen Gebiet.
[3]) belieferte auch die Großgemeinden in der Zips.
[4]) Aktienmehrheit im Besitz der Böhm.-Mähr. Kolben Danek AG. (Prag).

Die Verteilung des Aktienkapitals ist bei drei Gesellschaften ziemlich genau bekannt, und zwar:

	Staatsbesitz	Land Slowakei	Städte u. Gemeinden	Privat
	in Mill RM*)			
Mittelslowak. Elektr. AG. . .	1,19	0,425	0,465	0,232
Südslowakische „ „ . .	0,51	0,09	0,166	0,17
Ostslowakische „ „ . .	0,464	0,255		

*) Umgerechnet aus slowakischen Kronen zum Kurs von 12 K = 1 RM.

Die überwiegende Mehrheit des Aktienkapitals der Westslowakischen Elektrizitäts AG., die außer der Hauptstadt Preßburg auch Tyrnau, Senec, Hlohovec und andere größere Städte versorgt, befindet sich gleichfalls in öffentlichem Besitz, eine Minderheitsbeteiligung besitzt die „Evag“ Holding AG. in Zürich. Die Aktienmehrheit der Vereinigten nordwestslowakischen Elektrizitäts AG. in Sillein ist an die Mittelslowakische AG. in Neusohl (Banska Bystrica) übergegangen, die sich mit der Silleiner Gesellschaft fusionieren und den Ausbau der Waagthaler Wasserkräfte zur Versorgung des künftigen mittelslowakischen Industriezentrums in die Wege leiten wird. Die Silleiner Werke sind überdies in das Verbundwirtschaftsnetz Schlesien eingegliedert und stehen mit der Mährisch-Schlesischen Elektrizitäts AG. in Mährisch-Ostrau in unmittelbarer Verbindung.

Neben dem Aktienkapital bildeten die „Elektrisierungsanleihen“ der einzelnen Gesellschaften eine wichtige Voraussetzung für die Errichtung und den Ausbau ihrer Kraftwerke, Fernleitungsnetze und andere Einrichtungen. Die Zinsen- und Tilgungsgarantie, die gesetzlich festgelegt ist, besitzt eine nicht unwesentliche Bedeutung sowohl für die Slowakei an sich als auch z. T. für die Protektoratsfinanzen. Der frühere tschecho-slowakische Staat war (neben dem Land Slowakei) bei nahezu allen Gesellschaften Großaktionär. Die Elektrisierungsanleihen sind in der Regel nur vom Land Slowakei garantiert, lediglich bei der Karpathorussischen Elektrizitäts AG. in Užhorod (deren Aktienkapital sich überwiegend im Besitze der Böhmisch-Mährischen Kolben Danek AG. befindet, die die Werksanlagen baute und einrichtete), ist insofern eine Zweiteilung der Garantie eingetreten, als das Land eine 6prozentige Anleihe von 2,55 Mill RM, der frühere tschechische Staat dagegen eine 4,5prozentige Anleihe von 1,7 Mill RM hinsichtlich Zinsen- und Tilgungsdienst garantierte.

Die Lösung der slowakischen Energiewirtschaftsprobleme ist eine vordringliche Angelegenheit. Schon jetzt ist eine Anzahl von Industrieunternehmungen teils aus Mangel an Rohmaterial, teils aber auch — wie z. B. in der Papier- und Zelluloseindustrie, die zudem stark exportabhängig ist — infolge mangelnder Betriebskraft zum Stillstand gezwungen. Devisenwirtschaftliche Gründe lenken die Slowakei zwangsläufig auf die Elektrisierung ihrer Bahnen; der Ausbau der bestehenden Industrien, die Entwicklung des Bergbaues erfordert weitere elektrische Energie. Die Entwicklung und der Ausbau der Elektrizitätswirtschaft stehen daher im Arbeitsprogramm der slowakischen Regierung obenan, nicht zuletzt auch schon aus dem Grunde, weil gerade dieses Gebiet wichtige Austauschmöglichkeiten für die slowakische Volkswirtschaft bietet und ihr beim Abschluß von Handelsverträgen mit Industriestaaten von Nutzen sein wird. *W. v. W.*

Digitized by Google

STATISTISCHE MITTEILUNGEN

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Schweizer Elektro-Außenhandel 1938. — Die Schweizer Elektroausfuhr betrug im Jahre 1938 34,7 Mill RM. Die Ausfuhr ist damit gegenüber 1937 um 4,5 Mill RM oder 15 % und gegenüber 1936 um 8,2 Mill RM oder 31 % gestiegen. Von den großen Warengruppen (Zahlentafel 2) haben insbesondere Maschinen und die Sammelposition der Schaltapparate und nicht besonders benannten Vorrichtungen Ausfuhrsteigerungen erzielt. In der erstgenannten Gruppe betrug die Zunahme von 1937 auf 1938 26 %, in der zweiten sogar 42 %. Durch dieser Entwicklung ist der Anteil der beiden Gruppen an der Schweizer Gesamtausfuhr von 1936 44,7 % auf 1937 52,3 % und 1938 60 % gestiegen. Weniger günstig gestaltete sich die Entwicklung bei den beiden anderen bedeutenden Ausfuhrgruppen Meß- und Zählvorrichtungen und Anlaßvorrichtungen usw. für Kraftfahrzeuge. Bei Meß- und Zählvorrichtungen konnte zwar das Ergebnis des Vorjahres gehalten werden, bei den Anlaßvorrichtungen für Kraftfahrzeuge wurde es um fast 25 % unterschritten. Infolgedessen ging der Anteil dieser beiden Gruppen an der Gesamtausfuhr von 45 % 1936 auf 39 % 1937 und 31 % 1938 zurück. Wichtigstes Absatzgebiet (Zahlentafel 1) für die Schweiz ist nach wie vor Europa, das 1937 77,3 % und 1938 72 % der Schweizer Ausfuhr aufgenommen hat. Die Ausfuhr nach Gesamteuropa ist um 7,2 % gestiegen, nach Übersee um 42 %. Daher vergrößerte sich auch der Anteil Übersees von 23 auf 28 %. Zu dem günstigen Gesamtergebnis haben in Europa durch gegen 1937 erhebliche Vergrößerung ihrer Bezüge aus der Schweiz in erster Linie beigetragen Großdeutschland, Italien, die Niederlande, Rumänien, Schweden, während die Ausfuhr nach anderen wichtigen Absatzgebieten wie Frankreich, Großbritannien und Tschechoslowakei zurückgegangen und nach Belgien-Luxemburg fast unverändert geblieben ist. Die Schweizer Elektro-Einfuhr (Zahlentafel 3 und 4) betrug 1938 14,4 Mill RM, das sind 0,4 Mill RM oder 3 % weniger als 1937. Gestiegen ist die Einfuhr von Maschinen, Kabel und Draht, Meß- und Zählvorrichtungen, Telegraphie und Telephonie mit und ohne Draht, Anlaßvorrichtungen usw. für Motorfahrzeuge und nicht besonders benannte Apparate. In den übrigen Gruppen ist das Ergebnis 1938 hinter 1937 zurückgeblieben. Am größten war der Rückgang bei Kohle (— 45%), doch ist hier wie auch bei der Mehrzahl der anderen Gruppen das Ergebnis von 1936 weit überschritten. Unter den Lieferländern steht Deutschland mit 49 % 1938 (1936 und 1937 52 %) an erster Stelle. Wichtige Lieferländer waren außerdem die Niederlande, Belgien, Frankreich und die V. S. Amerika, die 1936 35,8 %, 1937 32,8 % und 1938 38 % der gesamten Schweizer Elektroeinfuhr bestritten.

Zahlentafel 1. Schweiz: Elektroausfuhr nach Absatzländern.

Absatzländer	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektroausfuhr		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Wichtige Länder in Europa						
Belgien-Luxemburg	1 429	2 025	2 096	5,4	6,7	6,0
Dänemark	143	350	317	0,5	1,2	0,9
Großdeutschland	2 493	1 835	2 163	9,4	6.1	6,3
Finnland	233	557	613	0,9	1,9	1,8
Frankreich	4 598	4 881	3 711	17,4	16,2	10,7
Großbritannien	1 796	2 169	1 650	6.8	7,2	4.8
Italien	1 798	1 916	2 611	6.8	6,4	7,5
Jugoslawien	219	249	405	0,8	0,8	1,2
Niederlande	1 685	2 769	3 647	6,4	9,2	10,5
Norwegen	337	452	676	1,3	1.5	2,0
Polen-Danzig	579	822	766	2,2	2,7	2.2
Portugal	283	521	303	1,1	1,7	0,9
Rumänien	349	520	1 226	1,3	1,7	3.5
Schweden	447	667	973	1,7	2,2	2,8
Spanien	793	.	235	3.0	.	0,7
Tschechoslowakei	2 376	2 701	2 369	9.0	9,0	6,8
Türkei	295	138	178	1,1	0,5	0,5
Ungarn	98	102	168	0,4	0,3	0.5
U.d.SSR.	46	191	293	0,2	0,6	0,8
sonstige europ. Länder	258	401	545	1.0	1,4	1.6
zusammen Europa	20 255	23 266	24 945	76,7	77,3	72,0
Wichtige Länder in Übersee						
Ägypten	206	289	304	0,8	0.9	0.9
Union von Südafrika	86	146	330	0,3	0,5	1,0
Brit.-Indien	530	874	1 440	2,0	2.9	4.2
China	296	280	217	1,1	0.9	0,6
Ndl.-Indien	315	332	672	1.2	1,1	1,9
Palästina	81	231	164	0,3	0,8	0,5
Canada	296	1 139	797	1.1	3,8	2,3
V.S.Amerika	290	246	201	1,1	0,8	0,6
Argentinien	727	670	922	2.8	2.2	2,7
Brasilien	323	386	522	1.2	1,3	1,5
Columbien	187	139	176	0.7	0,5	0.5
Peru	462	438	429	1,8	1,4	1,2
Venezuela	111	173	375	0,4	0,6	1,1
Austral. Bund	1 308	399	1 052	5,0	1,3	3,0
Ozeanien	.	121	183	.	0,4	0,5
übrige Länder	932	987	1 924	3,5	3,3	5,5
zusammen Übersee	6 150	6 850	9 708	23,3	22,7	28,0
insgesamt	**26 405**	**30 116**	**34 653**	**100**	**100**	**100**

Zahlentafel 2. Schweiz: Elektroausfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektroausfuhr		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Elektrische Maschinen	6 775	9 677	12 199	25,6	32,2	35.2
Akkumulatoren u. Elemente	262	163	299	0,9	0,5	0,8
Kabel und isolierte Drähte	332	531	469	1,2	1,8	1.3
Meß- u. Zählvorrichtungen	7 937	7 628	7 647	30,0	25.4	22.1
Telegraphie u. Telephonie	500	331	820	1,9	1.1	2.4
Radioapparate	114	286	315	0.4	0,9	0.9
Glühlampen	384	246	322	1,5	0,8	0.9
Kochherde und Öfen, Bügeleisen	235	334	324	0,9	1,1	1,0
Anlaß-, Zünd- und Beleuchtungsvorrichtungen und Zubehör für Kraftfahrzeuge	4 080	4 132	3 117	15,5	13,7	9.0
Kohle für die Elektrotechnik	574	520	300	2,2	1,7	0.9
Isolatoren, montiert und nicht montiert	212	211	237	0,8	0,7	0,7
Schalt- und Sicherheitsapparate u. nicht bes. ben. el. Vorrichtungen	5 000	6 057	8 604	19,1	20,1	24,8
insgesamt	**26 405**	**30 116**	**34 653**	**100**	**100**	**100**

Zahlentafel 3. Schweiz: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektroeinfuhr		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Elektrische Maschinen	1 059	1 093	1 167	8.2	7,4	8.1
Akkumulatoren u. Elemente	198	207	182	1,6	1,4	1,3
Kabel und isolierte Drähte	353	513	588	2,7	3,4	4,1
Meß- u. Zählvorrichtungen	678	760	809	5.3	5.1	5,6
Telegraphie und Telephonie	1 108	766	1 410	8,6	5,2	9,8
Radioapparate	3 487	2 982	3 384	27,2	20,1	23,5
Glühlampen	1 601	1 406	1 365	12,4	9,5	9.5
Bogenlampen und andere Lampen und Beleuchtungskörper	484	441	405	3,8	3,1	2,9
Anlaß-, Zünd- u. Beleuchtungs-Vorr. sowie Zubehör für Kraftfahrzeuge	738	685	767	5,8	4.6	5,3
Kohle f. d. Elektrotechnik	896	3 108	1 698	7,0	20,9	11,8
Isolatoren, montiert und nicht montiert	899	1 215	1 039	7,0	8,2	7,2
Magnete aller Art	260	656	319	2,0	4,4	2,2
nicht bes. ben. App. u. Vorr. f. d. Elektrotechn.	1 081	994	1 277	8,4	6,7	8,7
insgesamt	**12 842**	**14 826**	**14 410**	**100**	**100**	**100**

Zahlentafel 4. Schweiz: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektroeinfuhr		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Großdeutschland	6 610	7 798	7 058	51,5	52,6	49,0
Niederlande	1 978	1 895	1 960	15,4	12,8	13,6
Belgien-Luxemburg	887	923	1 353	6,9	6,2	9.3
Frankreich	877	1 075	1 192	6,8	7,3	8,3
V.S.Amerika	862	966	983	6,7	6,5	6,8
Großbritannien	537	533	715	4,2	3,6	5,0
Ungarn	345	357	352	2,7	2,4	2.5
Italien	142	642	307	1,1	4,3	2.1
Tschechoslowakei	308	250	196	2,4	1,7	1,4
Schweden	67	137	123	0,5	0,9	0,8
sonstige Länder	229	250	171	1,8	1,7	1.2
insgesamt	**12 842**	**14 826**	**14 410**	**100**	**100**	**100**

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Schaltzeichen.

Der Ausschuß hat die Anregungen, Vorschläge und Einsprüche, die zu der neuen Bearbeitung der Normblätter für Schaltzeichen und Pläne für Starkstromanlagen DIN VDE 707, 709 bis 717 und 719 auf Grund der Bekanntmachungen in ETZ 59 (1938) S. 135 und 454 eingegangen sind, ordnungsgemäß behandelt. Die Neubearbeitung ist nunmehr abgeschlossen. Die Neuausgabe trägt die Normblatt-Nummern DIN VDE 709 bis 719. Die genannten Normblätter sind in Kürze beim Beuth-Vertrieb, G. m. b. H., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, erhältlich.

Die Neubearbeitung des Normblattes für Schaltzeichen für Fernmeldeanlagen DIN VDE 700 ist zu einem vorläufigen Abschluß gekommen. Wegen des Umfanges des Neuentwurfes (etwa 45 Seiten) muß von einer Veröffentlichung in vollem Umfange Abstand genommen werden, nachstehend wird lediglich eine Inhaltsübersicht gegeben. Interessenten können den Gesamtentwurf des genannten Normblattes gegen Erstattung der Selbstkosten in Höhe von RM 1,— von der Geschäftstelle beziehen.

Begründete Einsprüche zu diesem Entwurf sind bis zum 15. November 1939 an die Geschäftstelle einzusenden.

Im übrigen wird auch auf den Aufsatz „Einheitliche zeichnerische Darstellung in der Starkstrom- und Fernmeldetechnik" auf S. 1091 dieses Heftes hingewiesen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Ausschuß für Schaltzeichen.
Inhaltsverzeichnis von DIN VDE 700.
„Schaltzeichen für Fernmeldeanlagen".

Blatt 1: Allgemeine Schaltzeichen für Fernmeldewesen
- A. Schaltzeichen
  1. Kennzeichen
  2. Leitungen, Erdung, Isolierung, Schirmung, Verbindung, Regelung
  3. Widerstand, Induktivität, Übertrager, Kapazität
  4. Batterie, Stromerzeuger, Sicherung
  5. Schaltglieder, Schalter, Stecker, Klinken
  6. Meßgeräte, Mikrophone, Fernhörer, Lautsprecher
  7. Relais
  8. Röhren (Vakuumtechnik)
  9. Signaleinrichtungen, Uhren
  10. Zähler, Wähler, Schaltbahn, Fernmeldegerät
  11. Verstärker, Anpassung, Filter, Umsetzer
- B. Schaltkurzzeichen für Lagepläne und Betriebskarten
  1. Leitungen
  2. Gabel, Zweidraht- und Vierdrahtverstärker
  3. Rufeinrichtungen

Blatt 2: Besondere Schaltzeichen für Fernsprechwesen
Schaltzeichen für Fernsprechgeräte und -vermittlungsstellen

Blatt 3: Besondere Schaltzeichen für Telegraphenwesen
- A. Schaltzeichen für Telegraphengeräte und -übertragungen
- B. Schaltkurzzeichen für Lagepläne und Betriebskarten

Blatt 4: Besondere Schaltzeichen für Funkwesen
Schaltzeichen für Antennen und Funkbetriebsstellen

Blatt 5: Besondere Schaltzeichen für Fernsehwesen
Beispiele für Fernsehen

Blatt 6: Besondere Schaltzeichen für Fernwirkanlagen
Schaltzeichen für Fernmeß- und Fernsteueranlagen und Hochfrequenz-Übertragungseinrichtungen über Hochspannungsleitungen

Blatt 7: Ausführungsbeispiele für Schaltungsdarstellungen
- A. Übersichtsschaltpläne
- B. Stromlaufpläne
- C. Bauschaltpläne
- D. Leitungsplan

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Köln. Der in Heft 36 angekündigte Vortrag des Herrn Obering. Alvensleben fällt aus.

WEI

Typisierung der gummifreien nichtkeramischen Isolierpreßstoffe[1]).

Der Typisierungsausschuß der Fachabteilung 7 „Isolier- und Preßstoffe" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie und der Technischen Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe e. V. hat in seiner Sitzung vom 24. März 1939 folgende Beschlüsse gefaßt, die eine Änderung der „Typisierung der gummifreien nichtkeramischen Isolierpreßstoffe vom November 1937[2])" bzw. der Normblätter DIN 7701 „Kunstharz-Preßstoffe, warmgepreßt", und 7702 „Überwachungszeichen für typisierte Preßmassen und Preßstoffe" in gewissen Punkten darstellen:

1. Schreibweise der zweistelligen Typzeichen:
   Nachdem sich die für den Schriftverkehr zugelassene Schreibweise[3]) gut bewährt hat, wird für die Zukunft die gleiche Schreibweise für Veröffentlichungen vorgeschrieben, d. h.
   „Zweistellige Zeichen sind in gleicher Größe und in gleicher Zeilenhöhe anzubringen."
2. Änderung der Fußnote 3 zur „Typisierung der gummifreien nichtkeramischen Isolierpreßstoffe vom November 1937":
   Der dritte Absatz der Fußnote 3 ändert sich wie folgt:
   „Nach dem jetzigen Stand der Technik werden die Werte überwiegend mit folgenden Füllstoffarten und -strukturen erreicht:"
3. Änderung der Fußnote 10 zur „Typisierung der gummifreien nichtkeramischen Isolierpreßstoffe vom November 1937":
   Die Fußnote 10 erhält folgende Fassung:
   „Die Typen T 3 und Z 3 sind geschichtete Stoffe im Sinne von VDE 0318/II. 38 ‚Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe' und des Zusammenhanges halber hier aufgeführt. Die Typzeichen T 3 und Z 3 kennzeichnen mithin Formstücke, die in allseitig geschlossenen Formen unter weitgehender Erhaltung des Faserverbandes und der Schichtung als Fertigstücke hergestellt sind und bei denen entsprechend der Formgebung die Überprüfung der festgelegten Werte möglich ist. Eine Prüfung ausschließlich am gesondert gepreßten Normalstab ist bei diesen geschichteten Stoffen für die Beurteilung der Preßstücke unzureichend."

[1]) Vgl. VDE 0320/XII. 38 „Leitsätze für nichtkeramische gummifreie Isolierpreßstoffe", ETZ 59 (1938) S. 1357 u. 1371.
[2]) ETZ 58 (1937) S. 1254.
[3]) ETZ 59 (1938) S. 1083.

Digitized by Google

4. Änderung des Mindestwertes für die Kerbzähigkeit bei Typ O:

Die in der Typisierung vom November 1937 für Typ O angegebene Kerbzähigkeit von 2,0 cmkg/cm² wird auf 1,5 cmkg/cm² herabgesetzt.

Das Staatliche Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem hat diesen Antrag gestellt, da die laufende Überwachung gezeigt hat, daß bei ausschließlicher Verwendung von Holzmehl als Füllstoff nur der für Typ S angegebene Wert von 1,5 cmkg/cm² mit Sicherheit erreicht werden kann.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.24

Wasserkraftmaschinen. Eine Einführung in Wesen, Bau und Berechnung von Wasserkraftmaschinen und Wasserkraftanlagen. Von Dipl.-Ing. L. Quantz. 8. erweit. u. verbess. Aufl. Mit 217 Abb., VI u. 152 S. im Format 155×235 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 6,60 RM.

Das kleine Werk, das jetzt bereits in achter Auflage vorliegt, macht wieder einen sehr guten Eindruck durch die knappe und übersichtliche Zusammenfassung des ziemlich umfangreichen Gebietes. Die Darstellung ist überall klar und verständlich; auch die Abbildungen sind fast immer für das Verständnis des Textes wertvoll. Dadurch erhält das Buch für den Studierenden oder Ingenieur, der sich zum erstenmal mit den Fragen des Baues von Wasserkraftmaschinen befassen will, seinen besonderen Wert. Gegenüber der letzten Auflage ist der Umfang des Buches fast nicht gewachsen. Das muß als besonders gut angesehen werden, weil es sonst das Schicksal fast aller Bücher ist, daß sie mit zunehmendem Alter und wachsender Auflagezahl immer umfangreicher werden.

Mit Rücksicht auf den geringen Umfang des Buches sind verwickeltere und schwierigere Fragen nur angedeutet, aber nicht behandelt. Das ist deswegen berechtigt, weil sonst die Übersichtlichkeit des Gesamtwerkes zu leicht Schaden nehmen kann. Andererseits hat das Fortlassen von Fragen, die im Wasserturbinenbau von Bedeutung sind, doch seine Grenzen. Diese Grenze scheint mir überschritten zu sein dadurch, daß der Verfasser auch in der letzten Auflage des Buches die Tragflügelberechnung der Propellerturbinen nicht gebracht hat. Dafür wäre an sich Platz vorhanden gewesen, wenn man beachtet, daß auf Seite 131 bis 137 eine ziemlich ausführliche Berechnung der Propellerturbinen durchgeführt wird in einer Form, wie sie in der Praxis sicher nicht angewandt wird.

Bei Büchern, die in mehreren Auflagen erscheinen, besteht immer die Gefahr, daß sich in ihnen Dinge ansammeln, die als veraltet angesehen werden müssen und vor allem dann, wenn der Buchumfang nur klein ist, besser gestrichen werden. Das gilt in dem vorliegenden Buch für die Beschreibung und Abbildung der Turbinen von Fourneyron, Henschel-Jonval, Schwamkrug und Girard, die nur noch geschichtliche Bedeutung haben. Auch sollte bei der Beschreibung der Bauformen für die Francis-Turbinen zum mindesten bei verschiedenen Formen darauf hingewiesen werden, daß sie heute nicht mehr ausgeführt werden. Gleichzeitig sollten die Abb. 53 bis 55, die gerade für die erste Einführung von besonderer Bedeutung sind, durch solche ersetzt werden, die den heutigen Bauformen der Turbinen mehr entsprechen.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß das Werk von Quantz nach wie vor eine wichtige Aufgabe für den Studierenden und Ingenieur in so guter Weise löst, daß es seinen Wert noch weiter behalten wird. E. Sörensen.

DK 621.327.42

Die Glimmröhre in der Technik. Von Ing. K. Nentwig unter Mitarb. von Dr. H. Geffcken und Dr. H. Richter. 2. Aufl. Mit 204 Abb. u. 134 S. im Format 135×200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1939. Preis kart. 3,50 RM, geb. 4,80 RM.

Das Buch soll dem Praktiker nicht nur ein Leitfaden in der Verwendung der Glimmröhre sein, sondern gleichzeitig darüber hinaus ihm Anregungen für neue Anwendungsgebiete geben. Der erste und kleinere Teil des Buches enthält eine kurze, aber ausgezeichnete, leichtverständliche Einführung in die Physik der Gasentladungen, soweit deren Grundlage zur Kenntnis des Aufbaues und des Arbeitens der einzelnen Glimmröhren notwendig ist. Die Gliederung des zweiten Teiles ist nach dem Aufbau und den optischen und elektrischen Eigenschaften vorgenommen worden. Damit ist auch gleichzeitig eine Einteilung nach den Schaltungsarten gegeben. Mit den bekannten Glimmlampensorten beginnend, werden alle technischen Glimmröhren wie Glimmverstärker, Glimmrelais, Glättungsröhren, Stabilisatoren usw. beschrieben und ihre verschiedenen Schaltungsmöglichkeiten behandelt. Der Verfasser beschränkt sich nicht darauf, von jeder Röhrenart nur eine Schaltung wiederzugeben, sondern er versucht durch möglichst viele Schaltungen und Hinweise dem Leser des Buches ein sicheres selbständiges Arbeiten mit Glimmröhren auf ihm unbekannten Arbeitsgebieten zu ermöglichen. Gute Abbildungen, eine große Anzahl von Kennlinien usw. erleichtern diese Aufgabe. Ein ausführliches Verzeichnis mit Abbildungen der in Deutschland von den verschiedenen Herstellerfirmen vertriebenen Glimmröhren mit Firmen- und Typenangaben beschließen das Buch.

H. Straehler.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Statistischer Bericht für die Elektroindustrie. International. Herausg. von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie. Mit VIII u. 164 S. im Format A 4. Berlin 1938.

[Der mit vorliegender Ausgabe zum fünften Male erscheinende Internationale Statistische Bericht bezweckt die zahlenmäßige Unterrichtung über Welt-Elektro-Außenhandel, elektrotechnische Industrie und den Elektrifizierungsprozeß in der Welt. Der Bericht ist in 4 Abschnitte gegliedert: Außenhandel, Elektroindustrie, Elektrizitätserzeugung und anwendung, Elektrotechnische Organisationen. Die behandelten Elektrizitätsanwendungen beschränken sich auf: Eisenbahn, Fernsprechstellen, Unterseekabel, Rundfunk der Welt. Durch die mit der Wiedererstarkung der Nationalwirtschaften verbundene erhöhte Erzeugung und den damit zusammenhängenden zwischenstaatlichen Warenaustausch gewinnt die statistische Erfassung der Wirtschaftsvorgänge erhöhte Bedeutung. Die Neuausgabe des Buches ist daher sehr zu begrüßen, zumal das Zahlenmaterial durch die Art der Zusammenstellung so vorgearbeitet worden ist, daß es bei wirtschaftlichen Überlegungen eine schnelle Unterrichtung ermöglicht.] *Trb.*

Das technische Rechnen. Ein Handbuch zum Selbststudium. 1. Band. Von H. R. Rode. Mit 6 Abb. u. 208 S. im Format 110 × 165 mm. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1939. Preis kart. 2 RM.

[Das Büchlein befaßt sich mit den Grundlagen der Arithmetik und Algebra. Gleichungen zweiten und dritten Grades mit ihren verschiedenen Lösungsmöglichkeiten werden behandelt und das Rechnen mit Logarithmen geübt. Auch wird eine Anleitung zum Gebrauch des Rechenschiebers gegeben. Dem Anfänger wird das Durcharbeiten des Inhalts sicherlich nützlich sein.]

Werkstoff-Ratgeber. Von Dr.-Ing. H. v. Renesse. Mit Abb., zahlr. Tab. u. 399 S. im Format A 5. Verlag W. Girardet, Essen 1939. Preis geb. 8,40 RM.

Kautschuk-Fibel. Einführung in die Chemie und Technologie der natürlichen und synthetischen Kautschukarten. Von Dr. St. Reiner. Mit 24 Abb., 2 Tabellen u. 91 S. im Format 125 × 185 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin Roth & Co., 1939. Preis kart. 3,50 RM.

Holzschutz gegen Holzpilze, tierische Schädlinge und Feuer. Jahresbericht 1938. Von Ing. W. Kinberg. Mit 57 S. Maschinenschrift, Format 225 × 280 mm. Bezug durch den Verf. Ing. W. Kinberg, Stockholm-Vendelsö (Schweden), 1939. Preis 15 Schwed. Kr.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

U. von Brockdorff, Berlin-Wilmersdorf, Laubacher Str. 33.
W. Hollatz, Stuttgart-S., Dannecker Str. 28.
Dr.-Ing. N. Lieber VDE, Berlin-Halensee, Johann-Sigismund-Str. 16.

Abschluß des Heftes: 8. September 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 21. September 1939 | Heft 38

Zum 80. Geburtstag von Hans Görges.

Am 21. September jährt sich zum 80. Male der Tag, an dem im Jahre 1859 Hans Görges in Lüneburg geboren wurde.

Alle seine vielen Freunde und vor allem seine Fachkollegen gedenken seiner an diesem Tage mit allen guten herzlichen Wünschen für sein ferneres Wohlergehen und für Erhaltung seiner Frische und Rüstigkeit, die ihn von jeher ausgezeichnet haben.

Hans Görges.

Der Lebensgang von Hans Görges ist nach Zeit und Inhalt untrennbar verbunden mit der Entwicklung der Elektrotechnik, an der er selbst regsten schaffenden Anteil hat. Mit 25 Jahren trat er (1884) als Ingenieur bei der Firma Siemens & Halske ein, der er 17 Jahre lang angehörte, gerade in der Zeit, in der, namentlich nach der Frankfurter Ausstellung 1891, der beispiellose Aufschwung der Elektrotechnik und ihr Eindringen in praktisch alle Gebiete menschlichen Schaffens sich vollzog. Wie vielseitig er selbst an dieser Entwicklung schöpferisch Anteil genommen hat, dafür legt eine große Zahl in der ETZ veröffentlichter Aufsätze Zeugnis ab, und zwar aus den verschiedensten Gebieten der Elektrotechnik.

In einer Reihe grundlegender wissenschaftlicher Arbeiten hat Görges mit der ihm eigenen Klarheit der Darstellung Pionierarbeit geleistet. Es seien hier nur beispielsweise hervorgehoben die Untersuchungen über den Parallelbetrieb von Synchronmaschinen, über die Darstellung der Feldverteilung einer verteilten Wicklung mit Hilfe des Görgesschen Vektordiagramms der Feldstärke, über Einphasen-Induktionsmotoren, über Drehstrom-Kommutator-Motoren usw. Es ist dabei beachtlich, daß Görges sich mit diesen Motoren bereits beschäftigt und z. B. die Drehzahlregelung bei Reihenschlußmotoren mittels Bürstenverschiebung angegeben hat zu einer Zeit, als der gewöhnliche Drehstrommotor noch im Anfangsstadium seiner Entwicklung begriffen war. Von Görges ist ferner beispielsweise die „Gegenschaltung" zum selbsttätigen Anfahren von Drehstrommotoren ohne besondere Anlaßwiderstände angegeben worden. Seinen Namen trägt das „Görges-Phänomen", das er an Drehstrommotoren mit Schleifringanker beobachtete, wobei der Läufer beim Abheben einer Bürste auf etwa die halbe Synchrondrehzahl abfällt.

Auch in sprachschöpferischer Hinsicht verdanken wir Elektrotechniker Görges manche Anregungen, die heute längst Allgemeingut geworden sind und uns als Selbstverständlichkeiten erscheinen, wie beispielsweise die Ausdrücke „Anlasser", „erden" und „Erdung". Auf der anderen Seite ist er, als Ausfluß seines klaren Denkens, gegen den Gebrauch unsinniger Wortbildungen aufgetreten, wie z. B. „Wattverbrauch", „wattloser Strom", bei denen der Name der Einheit verwendet wird statt der physikalischen Größe[1]).

Seine Fähigkeit, physikalische Vorgänge und Zusammenhänge klar zu erkennen und das Erkannte dann auch klar zur Darstellung zu bringen, sowie die reichen Erfahrungen einer 17-jährigen Praxis: dies war das wertvolle Rüstzeug, das er mitbrachte für seine so erfolgreiche Lehrtätigkeit an der Technischen Hochschule Dresden, an die er im Jahre 1901 berufen wurde. Hier hat er bis zu seiner Emeritierung (7. 3. 1930) als ordentlicher Professor der Theoretischen Elektrotechnik 29 Jahre lang gewirkt. Durch das Vertrauen seiner Kollegen wurde er vom März 1904 bis 1906 zum Vorstand der Mechanischen Abteilung berufen; für das Amtsjahr 1914/15 bekleidete er das Amt des Rektors der Technischen Hochschule Dresden.

In seinen Vorlesungen und Übungen in dem von ihm selbst vorbildlich geschaffenen Elektrotechnischen Institut hat er einer großen Zahl werdender Ingenieure die elektrotechnischen Grundlagen für ihre künftige Tätigkeit

---

1) Im Vorwort seines Lehrbuches „Grundzüge der Elektrotechnik" schreibt er: „Mit demselben Rechte könnte man von einer voltlosen Leitung und einem amperelosen Draht sprechen oder den Punkt als ein zentimeterloses geometrisches Gebilde definieren."

Digitized by Google

vermittelt, wofür ihm die Dankbarkeit und Verehrung seiner ehemaligen Hörer der beste Lohn ist. Als Frucht seiner Lehrtätigkeit gab er 1913 sein Lehrbuch „Grundzüge der Elektrotechnik“[2]) heraus, in dem er eine Fülle von Stoff aus dem Gesamtgebiet der Starkstromtechnik, aber in meisterlicher Beschränkung auf das Wesentliche, ohne sich in spezialisierte Einzelheiten zu verlieren, zu anschaulicher Darstellung brachte.

Aber seine Tätigkeit beschränkte sich nicht auf die Vermittelung von Kenntnissen und Erfahrungen an seine Hörer; er stellte sie auch immer gern und bereitwillig der Fachwelt und den Behörden zur Verfügung, sei es als Mitglied im „Technischen Rat des Sächsischen Innenministeriums“ (1904) oder (1907) als Mitglied des „Kuratoriums der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt“, oder als Gutachter in Patentstreitfragen beim Reichsgericht und anderen Stellen, oder als Mitarbeiter an den Arbeiten des VDE und des AEF. Im ehemaligen Elektrotechnischen Verein (jetzt VDE Bezirk Berlin) war er von 1895 bis 1912 und dann wieder von 1917 bis 1931 Mitglied des Ausschusses. Bis 1906 war er Vorsitzender des Dresdner Elektrotechnischen Vereins. Im Jahre 1909 wurde er zum Vorsitzenden des VDE gewählt, 1912 wurde er stellvertretender Vorsitzender des Deutschen Komitees der IEC. In Anerkennung seiner wertvollen Mitarbeit wurde er am 28. 8. 1924 zum Ehrenmitglied des VDE und am 28. 11. 1927 zum Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins Berlin ernannt.

Am 19. 12. 1918 erhielt er die vom Elektrotechnischen Verein gestiftete „Siemens-Stephan-Gedenkplatte“ für hervorragende Verdienste um die Elektrotechnik.

Seine wissenschaftliche Arbeit und erfolgreiche Lehrtätigkeit fanden auch gebührende Anerkennung bei den Technischen Hochschulen: die Technische Hochschule Berlin ernannte ihn 1914 zu ihrem Ehrendoktor und die Technische Hochschule Stuttgart machte ihn zu ihrem Ehrenbürger.

[2]) Verlag Wilh. Engelmann, Leipzig.

Wenn so der Ingenieur, Wissenschaftler und Lehrer sich hohe Anerkennung verdient hat, so hat der „Mensch“ Görges sich aufrichtigster Verehrung zu erfreuen bei allen, die das Schicksal mit ihm zusammengeführt hat. Seine charaktervolle lautere Persönlichkeit mit ihrem aufrichtigen schlichten Wesen und ihrer vornehmen Gesinnung erweckt unbedingtes Vertrauen, sein Sinn für alles Schöne und Edle und seine Freude an echtem Humor erschließen ihm die Herzen. Mit der Jugend ist er immer jung geblieben. Und schließlich noch eins: Geheimrat Görges hat nie zu den Gelehrten gehört, deren Welt nur ihr Fachgebiet ist und die am vielgestaltigen Leben und vor allem am politischen Geschehen keinen Anteil nehmen. Er war immer ein völkisch denkender Mann, dem nach dem Zusammenbruch die Sorge um das Schicksal unseres den internationalen Mächten ausgelieferten Volkes in der Seele brannte und der darum die Übernahme der Führung durch Adolf Hitler als Befreiung empfand und nun mit heißem Herzen dankbar den beispiellosen Wiederaufstieg des deutschen Volkes miterlebt.

So grüßen wir mit unseren besten Wünschen in unserem 80jährigen Görges den schöpferischen Ingenieur, den hervorragenden Forscher und Lehrer und den aufrechten deutschen Mann.

Max Kloß VDE.

Wir schließen uns diesen Wünschen an und grüßen den Jubilar, indem wir ihm dieses Heft mit Beiträgen seiner Fachkollegen und Mitarbeiter an der Technischen Hochschule Dresden widmen.

Die Wissenschaftliche Leitung der ETZ.

Vorbemerkung zu den folgenden Aufsätzen.

Die Anregung der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ, zum 80. Geburtstag unseres hochverehrten Kollegen Görges einen Beitrag zu liefern, haben wir Dresdner mit großer Freude aufgenommen.

Zugleich im Namen meiner Kollegen möchte ich, der ich schon seit 1911 mit Görges hier zusammengearbeitet habe, ihm auch an dieser Stelle unseren Dank aussprechen für die selbstlose Kameradschaft und verständnisvolle Förderung, die er uns und insbesondere meinem Arbeitsgebiet vom ersten Tage an entgegenbrachte, als ich als junger Dozent nach Dresden berufen wurde.

Obwohl er dem Gebiete der neuzeitlichen Schwachstromtechnik natürlich ferner stand, hat er stets das größte Verständnis für diese neue Entwicklung gezeigt; um mir z. B. trotz des herrschenden Raummangels die Möglichkeit zum Aufbau meines Instituts zu geben, hat er sich selbst eingeschränkt und manche Unbequemlichkeit ohne weiteres auf sich genommen.

Wenn ich als Beitrag zu diesem Hefte kein Thema aus meinem engeren Fachgebiet gewählt habe, so geschah das, weil ich weiß, daß Görges stets besondere Freude an allgemeinen Zusammenhängen hat und weil seine Persönlichkeit mir bei dem Schlußwort meines Aufsatzes besonders vor Augen gestanden hat.

H. Barkhausen VDE, Dresden.

Im Einverständnis mit Herrn Professor Barkhausen wurde sein schon in Fahnen gesetzter Aufsatz „Wissenschaft und Technik“ aus redaktionellen Gründen zurückgestellt.

Die Wissenschaftliche Leitung der ETZ.

Digitized by Google

Einfachstes Bild für Streckenkurzschluß.

Von L. Binder VDE, Dresden.

DK 621.3.014.3 : 621.3.012

Übersicht. Für den großen Kreis der Ingenieure, denen die Planung elektrischer Anlagen obliegt (Entwurf von Kraft- und Unterwerken, Herstellung von Anschlüssen, Schalterbeschaffung), ist zur Ermittlung der Kurzschlußströme ein möglichst einfaches Verfahren erwünscht. Es wird gezeigt, wie für beliebig gestaltete Leerlaufkennlinie und gegebene Blind- und Wirkwiderstände der Kurzschlußbahn auf übersichtlichem und genauem Wege der Dauerkurzschlußstrom bestimmt werden kann; das Verfahren führt auch noch zum Ziel, wenn von den Generatoren nur Leerlauf- und Kurzschlußkennlinie vorliegen.

Zu einem überraschend einfachen Bild für die Ermittlung des Dauerkurzschlußstromes bei Streckenkurzschluß gelangt man auf dem nachstehend beschriebenen Weg.

Es sei zunächst angenommen, daß die Kurzschlußbahn nur Blindwiderstände enthalte. Die zwischen der Kurzschlußstelle und dem Kraftwerk liegenden Leitungen und Umspanner mögen, umgerechnet auf die Generatorbetriebsspannung, den Gesamtblindwiderstand x_n aufweisen.

Der im Augenblick des Kurzschlusses wirksame Generatorerregerstrom ist als gegeben anzusehen; ihm entspricht in der Leerlaufkennlinie des Generators der Punkt L (Abb. 1). Trägt man nach links die der Ankerrückwirkung für den Nennstrom I gleichwertige Strecke g (Gegenmagnetisierung für innere Phasenverschiebung von 90°) ab, so kommt man auf Punkt F. Seine Lage gibt an, wieviel magnetischer Fluß sich tatsächlich entwickelt und welche Spannung im Innern des Generators erzeugt wird. Die Strecke $\overline{LG}$ entspricht dem Spannungsverlust durch Gegenmagnetisierung; er kann auch gleich $I \cdot x_a$ gesetzt werden. Von G aus wird nun abgetragen einmal die Streuspannung $I \cdot x_s$ und dann die Spannung $I \cdot x_n$, die benötigt wird, um den Nennstrom durch die äußere Kurzschlußbahn zu treiben. So ergeben sich die Punkte S (Sammelschienen) und N (Netzstelle).

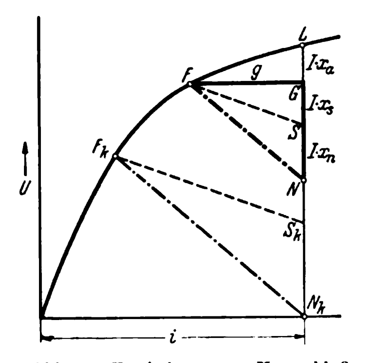


Abb. 1. Ermittlung von Kurzschlußstrom und Kraftwerksspannung mit Hilfe des Grunddreiecks.

Bei Vergrößerung des Stromes wachsen die Katheten des Grunddreiecks FGN verhältnisgleich an; die an der ins Auge gefaßten Netzstelle herrschende Spannung wird immer kleiner, bis schließlich für den Fall des Kurzschlusses der Punkt N in den Kurzschlußpunkt N_k übergeht. Der zugehörige Punkt F_k wird erhalten, wenn man durch N_k eine Parallele zu $\overline{FN}$ zieht. Durch das Streckenverhältnis $\overline{F_k N_k} : \overline{FN}$ ist ohne weiteres gegeben, in welcher Beziehung der Dauerkurzschlußstrom zum Nennstrom steht. Auch die im Kurzschlußfall verbleibende Generatorklemmenspannung (Sammelschienenspannung) ist in dem Bild leicht darzustellen, indem man zu $\overline{FS}$ die Parallele $\overline{F_k S_k}$ zieht.

Wie man in einfacher Weise auch Wirkwiderstand in der Kurzschlußbahn berücksichtigen kann, sei an Hand von Abb. 2 erläutert. Es wird von N_k aus der Wert $I_k r_n$ angetragen, d. h. der Spannungsabfall, den der oben bestimmte Kurzschlußstrom am Widerstand r_n hervorrufen würde. In den Wert r_n sei auch der an sich

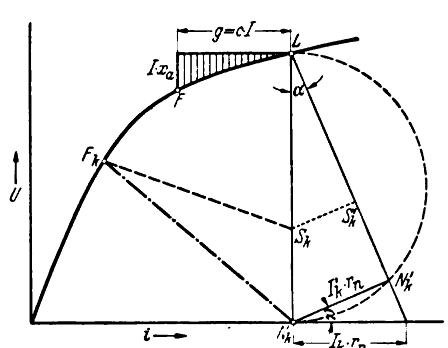


Abb. 2. Feststellung des Einflusses vom Wirkwiderstand.

kleine Betrag des ohmschen Widerstandes der Ankerwicklung einbezogen. Die Strecke $\overline{LN_k}$ kann als die Summe der Spannungsabfälle an den Blindwiderständen aufgefaßt werden, wobei ein Anteil $I_k x_a$ enthalten sein soll, der der Ankerrückwirkung entspricht und die von ihr verursachte Spannungsminderung durch den Spannungsabfall an dem Blindwiderstand x_a ersetzt. Die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreieckes zeigt die erforderliche Gesamtspannung an. Da der Generator nur den Betrag LN_k zur Verfügung stellt, muß der Strom auf einen Wert I'_k zurückgehen. Man braucht nur das Lot $\overline{N_k N'_k}$ zu fällen, um eine dem Strom I'_k entsprechende Strecke zu finden.

Das Lot $\overline{S_k S'_k}$ schneidet die verbleibende Sammelschienenspannung $\overline{N'_k S'_k}$ ab.

Das Verfahren ist allerdings nicht mehr streng richtig, weil der Wert x_a vom Strom abhängt. In Abb. 2 gibt die durch den Punkt L gelegte Waagerechte die Spannung der unbelasteten Maschine. Hiervon gehen die senkrechten Strecken des schraffierten Bereiches bei steigender Belastung infolge Ankerrückwirkung ab. Die einem beliebigen Arbeitspunkt F entsprechende Senkung (s. Abb. 2) ist $I\,x_a$ zu setzen; verhältnisgleich mit I steigt auch die Strecke $g = c\,I$ an. Aus dem Verhältnis beider Strecken ergibt sich x_a. Würde sich die Leerlaufkennlinie mit einer Geraden $\overline{FL}$ decken, so wäre x_a an allen Stellen gleich groß. Man erkennt, daß x_a stark von der Lage des Punktes F abhängt, daß aber die Änderungen nur langsam erfolgen, wenn man von einem festgelegten Punkt F aus in den Nachbarbereich übergeht. Um zu ermitteln, wie groß die Fehler bei Annahme eines festen Wertes von x_a, der für den Kurzschlußstrom I_k ermittelt wird, ausfallen können, wurden an einer Maschine Versuche durchgeführt. Die Maschine gab bei:

Erregerstrom:	i	=	1,0	1,5	2,45	3,5	4,5	5,4 A
Leerlaufspannung:	U	=	32,0	45,0	63,5	86,0	84,0	89,5 V
Kurzschlußstrom:	I_k	=	19,0	29,0	47,5	67,0	85,0	100,0 A
Kurzschlußstrom bei Zuschalt. von $x_n = 0{,}85\ \Omega$:	I_k	=	13,0	19,0	29,0	41,5	52,0	61,5 A

Digitized by Google

Der Blindwiderstand wurde zugeschaltet, da in den hier zu betrachtenden Fällen Wirkwiderstand nur in Verbindung mit Blindwiderstand vorkommt. Sodann wurde, von kleinen Werten beginnend, immer mehr Wirkwiderstand zugeschaltet und der sich einstellende Kurzschlußstrom gemessen. Die Ergebnisse sind in Abb. 3 dargestellt, und zwar gibt die ausgezogene Linie die Meßwerte, die gestrichelte Linie entspricht den nach Abb. 2 bestimmten Werten. Die Unterschiede sind so gering, daß das Verfahren allen Wünschen genügen dürfte[1]).

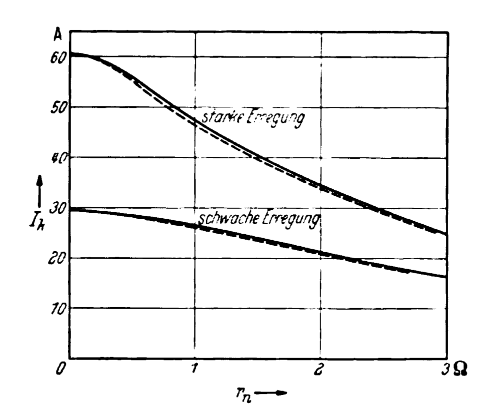


Abb. 3. Einfluß von Wirkwiderstand, Vergleich zwischen Messung (ausgezogene Linie) und Verfahren nach Abb. 2 (gestrichelte Linie).

Zur Festlegung des Grunddreiecks *FGN* muß für den Generator sowohl x_s wie g gegeben sein. Der planende Ingenieur verfügt vielfach nicht über diese Werte, besonders wenn es sich um ältere Maschinen handelt. Für solche Fälle wird daher ein weiteres Bild willkommen sein, für das neben der Leerlaufkennlinie nur noch die Kurzschlußkennlinie der Maschine benötigt wird. Das Verfahren sei an Hand von Abb. 4 erläutert unter der Annahme, daß außer dem Kurzschlußstrom noch x_s gegeben ist; dann kann in der Leerlaufkennlinie Punkt F_{k0} ohne weiteres durch Eintragung von $I_{k0}\,x_s$ gefunden werden (I_{k0} aus Kurzschlußkennlinie zu entnehmen). Darüber hinaus wird $I_{k0}\,x_n$ angetragen; der nach N_k gezogene Strahl schneidet dann den zugehörigen Punkt F_k aus. Zieht man noch den Strahl $F_{k0}\,N_k$, so erhält man auf dem Lot durch F_k folgende Abschnitte: oben $I_k\,x_a$, in der Mitte $I_k \cdot x_n$ und unten $I_k \cdot x_s$, wobei I_k den Strom bezeichnet, der sich infolge Zuschaltung von x_n einstellt. Zweckmäßig wird die über F_{k0} aufsteigende Linie mit einer geeigneten Teilung versehen, es kann dann schnell für beliebiges x_n der Strom aus dem Bild entnommen werden. Die am Generator sich einstellende Klemmenspannung (Sammelschienenspannung) ist durch die Strecke $I_k \cdot x_n$ gegeben. In dem schiefwinkligen Koordinatensystem $LN_k\,F_{k0}$ stellt daher die Leerlaufkennlinie zugleich die Kennlinie für die Klemmenspannung des Generators dar. Wegen der Begründung dieses Vorgehens sei auf Abb. 4a verwiesen, in der das Grunddreieck in der Lage FG_1N gezeichnet ist (Drehung um 180°) und $\overline{FS_1} = I \cdot x_n$ und $\overline{S_1G_1} = I \cdot x_s$ entspricht. Durch ähnliche Vergrößerung kommt man unmittelbar zu den Dreiecken für I_{k0} und I_k der Abb. 4.

Punkt F_{k0} wäre durch Auftragen der Strecke $I_{k0} \cdot x_s$ (s. Abb. 4) zu finden. Fehlt nun der Wert x_s, so führt eine annäherungsweise Festlegung von F_{k0} auf Grund von Erfahrungswerten zum Ziel. Für mittlere Verhältnisse ist bei Turbogeneratoren 0,14 *i* und bei Schenkelpolmaschinen 0,18 *i* vom Nullpunkt aus anzutragen, damit man F_{k0} erhält. Um festzustellen, inwieweit Fehler in der Annahme von F_{k0} auf den sich ergebenden Kurzschlußstrom von Einfluß sind, wurden nach dem beschriebenen Verfahren die Ströme für die stark unterschiedlichen Abschnitte 0,10 *i*, ferner 0,20 *i* und 0,30 *i* ermittelt. Unter sonst gleichen Verhältnissen ergaben sich nachstehende Werte:

		x_n =	0	0,5	1	2	5	10 Ω
Abschnitt = 0,10 *i*		I_k =	1	0,94	0,89	0,79	0,57	0,35
„ = 0,20 *i*			1	0,94	0,89	0,78	0,55	0,33
„ = 0,30 *i*			1	0,94	0,89	0,78	0,55	0,31

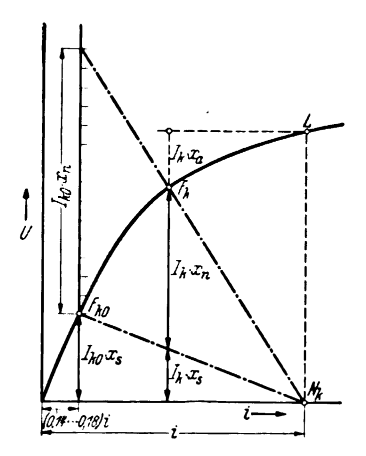


Abb. 4. Lösungsweg, falls von den Generatoren nur Leerlauf- und Kurzschlußversuch vorliegen.

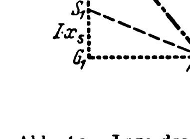


Abb. 4a. Lage des Grunddreiecks für Abb. 4.

Die Werte gelten für starke Erregung (5,4 A); bei schwacher Erregung sind die Unterschiede noch kleiner. Verschiedene Lage des Punktes F_{k0} in einem gegebenen Fall hat deswegen wenig Einfluß, weil durch den Kurzschlußversuch die Summe $(x_s + x_a)$ festliegt und beispielsweise ein zu klein angenommenes x_s zu einem vergrößerten x_a führt, also weitgehender Ausgleich eintritt.

Zusammenfassung.

Mit Hilfe eines Grunddreiecks, dessen eine Kathete der Ankerrückwirkung entspricht, während die andere Kathete den gesamten Spannungsabfall infolge des Streublindwiderstandes x_s und Streckenblindwiderstandes x_n darstellt, ist unter Benutzung der Leerlaufkennlinie der genaue Wert des Dauerkurzschlußstromes I_k zu finden. Trägt man in dem Bild noch eine Strecke $I_k\,r_n$ ein, so ergibt sich in recht guter Annäherung auch der Einfluß von Wirkwiderstand (r_n) in der Kurzschlußbahn. Es ist nicht nötig, für verschiedene Streckenpunkte jeweils ein besonderes Bild zu zeichnen; trägt man über der Leerlaufkennlinie am Punkt F_{k0} die Strecken $I_{k0}\,x_n$ auf, so ist der Einfluß von x_n unmittelbar zu übersehen. Wenn nähere Angaben über die Generatoren fehlen und lediglich die Leerlauf- und die Kurzschlußkennlinie gegeben sind, ist die Lage von F_{k0} gemäß den gemachten Angaben zu wählen; auf die Werte I_k ist die Lage des Punktes F_{k0} nur von geringem Einfluß.

[1]) Für die Durchführung der Messungen bin ich Herrn Möbius u Dank verpflichtet.

Digitized by Google

Forschungsarbeiten im Institut für allgemeine Elektrotechnik der T.H. Dresden.

Von A. Güntherschulze, Dresden.

DK 537.5

Das Ausscheiden von Herrn Geheimrat Görges aus dem Elektrotechnischen Institut fiel in die Übergangszeit zwischen zwei Epochen der Elektrotechnik. Es trat nämlich in dieser Zeit zu der alten Elektrotechnik der Maxwellschen Gleichungen die moderne Elektrotechnik der Elektronen und Ionen hinzu. Deshalb beschloß ich, in dem mir bei der Teilung des Elektrotechnischen Instituts zufallenden Institut für Allgemeine Elektrotechnik diese moderne Elektrotechnik besonders zu pflegen. Dieses geschah in folgenden Richtungen:

1. Elektrolytische Ventilwirkung (Wanderung der Elektronen und Ionen in Isolatoren bei extrem großen Feldstärken),
2. Glimmentladung,
3. Spritzentladung,
4. Koronaentladung,
5. Dielektrizitätskonstante,
6. Lumineszenzleuchten.

Insgesamt sind auf diesen Gebieten seit 1930 aus meinem Institut 120 Veröffentlichungen hervorgegangen. Über ihren wesentlichen Inhalt soll im folgenden kurz berichtet werden.

1. Elektrolytische Ventilwirkung.

Es ist wichtig hervorzuheben, daß es zwei Arten von Oxydschichtbildung bei der elektrolytischen Ventilwirkung gibt. Bei der einen Art bildet sich eine vollkommen lückenlose, nicht poröse Oxydschicht außerordentlich geringer, der Formierungsspannung proportionaler Dicke, bei der zweiten Art entsteht eine feinporöse Oxydschicht, deren Dicke von der Formierungsspannung unabhängig ist und proportional der Dauer der Formierung wächst. Beide sind streng auseinander zu halten. Gründlich untersucht wurde von uns das Verhalten der ersten, nicht porösen Oxydschicht. Durch ihre Dicke sind sowohl die großen elektrostatischen Kapazitäten der Ventilzellen als auch die Interferenzfarben der Schichten bedingt. Durch gleichzeitige Kapazitäts- und Interferenzfarbenmessungen gelang es, die Dielektrizitätskonstanten und damit die wahre Schichtdicke für die Oxydschichten von Ta, Al, Sb, Bi, W, Zr, Zn, Mg zu ermitteln. Besondere Schwierigkeiten bot die Ermittlung der Dielektrizitätskonstante des Al, weil hier die optische Methode versagt. Es ergab sich $\varepsilon = 7{,}45$. Weiter zeigte sich, daß in den Oxydschichten Feldstärken bis zu 15 Mill V/cm auftreten, bei weitem die größten Feldstärken, die je beobachtet worden sind. Diese Feldstärken sind so groß, daß durch sie erstens Elektronen vom Elektrolyten abgelöst werden und durch die Oxydschicht hindurch zum Ventilmetall strömen, und zweitens die Ionen des Oxydgitters ins Gleiten kommen, so daß sich das Metallionengitter langsam durch das Sauerstoffionengitter hindurchschiebt und die Oxydschicht wächst. Dieser Ionenstrom ist eine e-Funktion der Feldstärke. Der gleichzeitige Elektronenstrom ist bei Ta ebenfalls eine e-Funktion, jedoch mit anderen Konstanten als der Ionenstrom, bei Al dagegen eine Potenzfunktion der Feldstärke.

Schon früh beginnt bei der Formierung die Ventilmetalloberfläche in gleichmäßig bleichem Lichte zu leuchten, bei Al besonders hell. Die Abhängigkeit dieses Leuchtens von Stromstärke, Spannung und Zusammensetzung des Al wurde untersucht und ihr Spektrum aufgenommen. Bei einer bestimmten Spannung, der Funkenspannung, lagern sich äußerst feine Funken über dieses Leuchten. Sie sind ein reiner Wärmedurchschlag der festen Oxydschicht. Während dieses Funkenspiels steigt die Spannung weiter, bis bei einer zweiten Spannung, der Maximalspannung, eine neue Art Funken auftritt, die ein weiteres Steigen der Spannung verhindert. Diese zweiten Funken kommen dadurch zustande, daß die bei Einsetzen des Funkens sich bildende Gasblase durchschlagen wird. Dadurch wird die Spannung so weit herabgedrückt, daß sich die Schicht nicht weiter formieren kann, während, solange die Gasblase den Durchschlag verhindert, die Spannungsabsenkung gering ist und die Schicht weiter wachsen kann. Die Maximalspannung steigt mit dem Logarithmus der Verdünnung des Elektrolyten und hängt außerdem von seiner Art ab. Ist im Anion ein Metall, so drückt dieses die Maximalspannung um so weiter herunter, je edler es ist. Bei Pt bis auf 25 V, während bei gleicher Konzentration bei einem metallfreien Anion die Maximalspannung bei 450 V liegt.

Die dielektrischen Verluste der Oxydschicht bei ihrer Belastung mit pulsierendem Gleichstrom erwiesen sich von gleicher Größenordnung wie die getränkter Hartpapiere. Daß die dielektrischen Verluste von technischen Elektrolytkondensatoren so viel größer sind, rührt von den Verlusten im schlechtleitenden Elektrolyten her.

In flüssigem Ammoniak war die Ventilwirkung in allen untersuchten Kombinationen schlecht. In geschmolzenen Salzen steigt die Elektronenablösung nach einer e-Funktion der absoluten Temperatur.

Sehr interessante Erscheinungen ergaben sich an Oxydschichten aus WO_3, ZrO_2 und schwächer auch bei Ta_2O_5. Hier hing nämlich die Kapazität einer konstant formierten Zelle von der jeweiligen Spannung ab, derart, daß bei Anlegen einer pulsierenden 50periodischen Gleichspannung die Kapazität im Minimum der Spannung über doppelt so groß war als im Maximum. Als Ursache wurde erkannt, daß bei WO_3, ZrO_2 usw. der spezifische Widerstand der Oxydschicht sehr stark vom Sauerstoffdruck an der Schicht abhängt. Ist dieser beim Scheitelwert der Spannung groß, so isoliert die ganze Schicht recht gut. Sinkt jetzt die Spannung, so nimmt der Sauerstoffdruck ab und die dem Metall zugekehrte Seite der Oxydschicht wird in einem solchen Umfange leitend, daß der Rest gerade wieder die volle Feldstärke auszuhalten hat. Man kann auf diese Weise also Kapazitäten erhalten, die mit der aufgedrückten Wechselstromfrequenz schwanken. Die Erscheinungen der elektrolytischen Ventilwirkung in nicht wäßrigen Lösungsmitteln erwiesen sich als recht verwickelt.

2. Glimmentladung.

a) Kathode. Durch sorgfältige Messungen wurde festgestellt, daß die im Hittorfschen Dunkelraum an das Gas abgegebene Energie nur etwa ein Tausendstel von der Energie $u_k\, i$ ist, wo u_k der Kathodenfall ist. Infolgedessen ist die Erhitzung des Gases im Dunkelraum erstaunlich gering. Dadurch wurde es möglich, auf kalorimetrischem Wege zu ermitteln, wieviel Elektronen (γ) von je einem auf die Kathode aufprallenden positiven Ion in Abhängigkeit von Gasart, Kathodenmetall und Oberflächenbeschaffenheit von der Kathode abgelöst werden. Dabei ergab sich, daß γ von einem Schwellenwert an bei den meisten Gasen linear mit dem Kathodenfall ansteigt. Nur bei Wasserstoff und Helium sind die Kurven gekrümmt, woraus geschlossen wurde, daß die Ionen dieser Gase in die Tiefe der Kathode einzudringen vermögen

Digitized by Google

und zum Teil erst dort ihre Energie abgeben. γ ist für eine Metalloberfläche am kleinsten, und zwar für Alkalimetalle nicht wesentlich größer als für edle. Durch Oxydierung der Oberfläche wird γ stark vergrößert, und zwar um so mehr, je unedler das Kathodenmetall ist. Infolgedessen läßt sich aus dem Verlauf der γ-Kurve erkennen, wann sich eine Kathodenoberfläche oxydiert und wann das vorhandene Oxyd durch den Ionenaufprall weggetrommelt wird. Auf diese Weise ließ sich beispielsweise nachweisen, daß selbst Pt in der Regel von einer Oxydschicht bedeckt ist.

Den vor der Kathode liegenden Astonschen Dunkelraum gelang es zum ersten Male für sämtliche Edelgase sowie H_2, N_2, O_2 nachzuweisen. Ferner wurde noch innerhalb dieses Dunkelraumes bei Mg- und Alkalikathoden eine neue Erscheinung, eine sehr helle Leuchtzone, entdeckt, die nur Bruchteile eines Millimeters dick ist und nur dann auftritt, wenn entweder die Oberfläche mit einer Oxydschicht bedeckt ist, oder bei Alkalimetallen, wenn nur eine monatomare Schicht auf einer Unterlage aus dem edleren Fremdmetall liegt. Die Leuchtzone kommt dadurch zustande, daß die aus der Kathodenoberfläche durch die aufprallenden positiven Ionen losgeschlagenen Metallionen (z. B. Mg-Ionen) ein Elektron beim Austritt mitnehmen, das beim Hineinfallen in die Normalbahn das Spektrum des betreffenden Metalles aussendet. Ein Vergleich der Kathodenzerstäubung von MgO- und Mg-Oberflächen ergab, daß von den letzten bei sonst gleichen Verhältnissen 250mal soviel zerstäubt als von den ersteren. Für leichten und schweren Wasserstoff ist die Kathodenzerstäubung von Cu völlig gleich.

b) Spritzentladung. Im Jahre 1933 wurde eine ganz neue Entladungsform der Kathode entdeckt, die sogenannte Spritzentladung. Bei ihr fehlt der Hittorfsche Dunkelraum und der zugehörige Kathodenfall vollkommen. Das negative Glimmlicht sitzt gewissermaßen auf der Kathode selbst auf. Die erforderliche Spannung kann z. B. in Wasserstoff von 270 bis auf 50 V gesenkt werden, und diese 50 V werden vollständig in der Kathode, nicht im Gas verbraucht. Die Spritzentladung entsteht, wenn ein Halbleiter, wie z. B. eine Silitscheibe, ganz dünn mit einem isolierenden Pulver, wie Al_2O_3-Pulver, bestrichen wird. Schlechtleitende Silitscheiben geben die Erscheinung auch ohne weiteres. Ferner wird sie beobachtet, wenn eine Al-Scheibe mit einer genügend dicken Al_2O_3-Schicht überzogen wird. Endlich tritt sie an erhitztem Glas auf. Ihre Ursache ist folgende: Die auf der Oberfläche der Kathoden befindlichen hochisolierenden Teilchen werden durch den Aufprall der positiven Ionen so hoch aufgeladen, daß die Feldstärke neben ihnen so groß wird, daß Elektronen aus der Kathode durch hohe Feldstärke befreit werden. Die Elektronen erhalten dabei in dem hohen Feld eine so große Energie, daß sie zu ionisieren vermögen und dadurch die Entladung aufrechterhalten. Verschiedene früher nicht erklärliche Erscheinungen an Kathoden wurden seitdem als zumindest teilweise durch die Spritzentladung hervorgerufen erkannt.

c) Gitterkathoden. Wenn als Kathode ein Gitter verwendet wird, so daß beiderseits eine Entladung vorhanden ist, so verstärken sich die beiden Entladungen durch die Gitterlücken hindurch gegenseitig, ähnlich wie bei einer Hohlkathode. Ferner wurde die Steuerwirkung eines Gitters in den verschiedenen Teilen der Entladung untersucht.

d) Einfluß des Wasserdampfes. Äußerste Trocknung der Gase der Glimmentladung durch Hineinbringen von P_2O_5 in das Entladungsgefäß selbst zeigte, daß alle früheren Messungen durch Spuren von Wasserdampf gestört waren. Die Stromdichte der Glimmentladung nimmt in den meisten Gasen stark ab, wenn die letzten Spuren Wasserdampf entfernt werden. Stickstoff wird unter diesen Umständen chemisch außerordentlich aktiv. Besonders seltsame Erscheinungen ergeben sich bei hochgradiger Trocknung von Wasserstoff. Sobald nämlich nur die geringsten Spuren von Quecksilberdampf im Wasserstoff vorhanden sind, die bei normalem Wasserstoff überhaupt nicht spektral wahrnehmbar sind, tritt ein ganz auffallendes helles Leuchten des Quecksilbertriplets 5461, 4358, 4047 auf. Diese Tripletlinien konnten noch deutlich wahrgenommen werden, wenn bei 1,8 Torr Wasserstoffdruck der Druck des Quecksilbers auf 10^{-6} Torr gesenkt wurde. Die Linien werden aus metastabilen Bahnen des Quecksilbers heraus angeregt, die durch die geringsten Mengen Wasserstoff zerstört werden. Derartiger farbenprächtig leuchtender Wasserstoff wurde „Bunter Wasserstoff" genannt.

e) Normalgradient in der positiven Säule. Bekanntlich ist in der positiven Säule der Gradient um so größer, je enger das Rohr ist, in das die Säule eingeschlossen ist. Daraus ergibt sich die Frage, welcher Gradient übrig bleibt, wenn die Gefäßwände völlig entfernt werden, womit wieder eng die Frage zusammenhängt, in welcher Weise denn überhaupt der Strom von einer kleinen Kathode zu einer gegenüberstehenden sehr großen (theoretisch unendlichen) Anode in den verschiedenen Gasen strömt. Beide Fragen konnten durch Versuche beantwortet werden. In den Edelgasen Ar und Ne wird der Gradient Null, wenn genügend Elektronen von der Kathode geliefert werden. Der Strom fließt dann als reiner Diffusionsstrom ohne Spannungsverbrauch zur Anode. Der Strom verläuft in diesem Falle zur Anode wie die elektrostatischen Feldlinien. Werden nicht genügend Elektronen geliefert, oder liegen die Gase H_2 und N_2 vor, so ist stets ein wenn auch geringer Gradient vorhanden und der Strom zieht sich etwas enger zusammen als im ersten Fall. Bilden sich endlich negative Ionen, wie in O_2 oder Wasserdampf, so bildet der Strom einen engen Schlauch von der Kathode zur Anode, und der Gradient ist groß.

f) Anode. Eine größere Anzahl Untersuchungen bezog sich auf die Anode. An der Anode muß ebenfalls eine Raumladungszone vorhanden sein, damit die auf sie zuströmenden Elektronen so weit beschleunigt werden können, daß sie diejenige Menge positiver Ionen durch Stoß zu erzeugen vermögen, die die Raumladung in der positiven Säule beseitigen. Diese Dicke wurde durch Sondenmessungen genau bestimmt. Sie war bei Wasserstoff etwa fünfmal so dick wie die optisch sichtbare Anodenglimmhaut. Der Anodenfall ergab sich bei Wasserstoff zu etwa 21, bei Stickstoff zu 30 V. Bei Edelgasen tritt ein Anodenfall erst bei sehr großen Abständen der Anode von der Kathode auf. Unterhalb dieser Abstände diffundieren immer noch so viele positive Ionen zur Anode hin, daß kein Anodenfall nötig ist. Darüber hinaus zeigen Wasserstoff und Stickstoff an der Anode sehr seltsame Erscheinungen. Während nämlich bei den Edelgasen der Strom völlig gleichmäßig in die Anode mit derjenigen Stromdichte eintritt, mit welcher er aus dem Gasraum kommt, ist für Wasserstoff und Stickstoff eine ganz bestimmte Mindeststromdichte vorgeschrieben. Ist die Anode größer, als dieser Stromdichte entspricht, so bedeckt die Anodenglimmhaut nur einen Teil der Anode. Dabei bildet sie auf reinen Anoden Leuchtfiguren von erstaunlicher mathematischer Regelmäßigkeit und Schönheit. Die Erklärung dieser Erscheinungen bot große Schwierigkeiten. Schließlich gelang es, folgende Erklärung wahrscheinlich zu machen: Im Anodenfall muß das Elektron soweit beschleunigt werden, daß es zu ionisieren vermag. Die dazu erforderliche Spannung liefert die Raumladung des Anodenfallgebietes. Die Raumladungszone aber ist um so dicker, je kleiner die Stromdichte. Tritt also der Strom gleichmäßig über die ganze große Anode verteilt in sie hinein, so ist die Stromdichte sehr klein, die Dicke der Raumladungszone groß und damit die Zahl der Zusammenstöße der Elektronen mit den Wasserstoffatomen groß. Nun unterscheiden sich aber Wasserstoff und Stickstoff dadurch grundsätzlich von den Edelgasen, daß bei ihnen als Molekülgasen die ersten

Digitized by Google

unelastischen Stöße schon unter einem Volt Elektronenenergie einsetzen. Werden also die Elektronen in die Anodenraumladungszone über viele Zusammenstöße hin langsam beschleunigt, so benötigen sie unverhältnismäßig viel mehr Energie, um zur Ionisierungsspannung zu kommen, als wenn sie ganz wenige Zusammenstöße haben. Also zieht sich der Strom zusammen und verringert dadurch die Dicke der Raumladungszone so lange, bis durch weiteres Zusammenziehen keine Spannung mehr gespart wird. Zweitens soll die Elektronenströmung bei der Zusammenziehung möglichst geringe Umwege machen, da diese auch die Spannung in die Höhe treiben. Drittens gibt es auch für den Durchmesser der leuchtenden Flecke und Figuren einen günstigsten Wert. Wird der Durchmesser kleiner, so erschwert die Seitendiffusion der Ionen die Bildung der Raumladung. Diese drei Bedingungen führen zu den erstaunlich regelmäßigen und schönen Mustern der Leuchtflecke auf der Anode. In hochgradig trockenem Wasserstoff besteht die Anodenglimmhaut aus wenigen Flecken, die so schnell laufen, daß sie dem unbewaffneten Auge den Eindruck ruhender regelmäßiger Sterne vermitteln, die sich im Stroboskop dann in einzelne Flecke auflösen. Der geringste Zusatz von Wasserdampf hält sie fest.

Ganz entsprechende Überlegungen führen auch zu einer Deutung der berühmten Schichten in der positiven Säule des Wasserstoffes. Auch hier kommt der Zerfall in Schichten dadurch zustande, daß bei plötzlicher Beschleunigung der Elektronen über wenige freie Weglängen hin Energie gespart wird, weil die sonst großen Stoßverluste verschwinden. Deshalb löst sich die Säule in lauter einzelne Beschleunigungszonen auf, die durch die in ihnen sich gleichzeitig abspielende Anregung leuchtend werden, sobald die Stromdichte dazu groß genug ist. Versuche über die Verschiedenheit der Glimmentladung in leichtem und schwerem Wasserstoff, sowie über das chemische Gleichgewicht zwischen Knallgas und Wasserdampf in der Glimmentladung seien nur nebenbei erwähnt.

3. Koronaentladung.

Ein Zufall führte auf eine interessante Erscheinung der Koronaentladung.

Gelegentlich der Untersuchung von Hochspannungs-Sicherungsdrähten wurde ein sehr dünner Silberdraht gleichzeitig an Hochspannung gelegt, so daß Korona an ihm entstand, und durch einen hindurchgeschickten Strom erhitzt. Sofort begann der Draht schnell um seine Längsachse zu rotieren. Die Umfangsgeschwindigkeit v eines solchen 0,1 mm dicken, 100 cm langen Drahtes ist durch die Gleichung $V = 0{,}191\,(\mathfrak{E} - 40)\sqrt{\vartheta_{\ddot{u}}}$ cm/s gegeben, wobei $\mathfrak{E}$ die Feldstärke in kV/cm und $\vartheta_{\ddot{u}}$ die Übertemperatur ist. Bei konstanter Übertemperatur gilt $v = C\sqrt{\delta_c}$, wobei δ_c die Koronastromdichte ist. Die Erklärung der eigentümlichen Erscheinung ist folgende. Der Draht wird durch den Belastungsstrom erhitzt. Die Wärme geht durch Leitung auf die umgebende Luft über. Erhält jetzt der Draht im Augenblick des Einschaltens der Hochspannung z. B. durch elektrostatische Anziehung eine Bewegung in Richtung des Pfeiles in Abb. 1 rechts, so ist die Luft auf seiner Frontseite bei A kühler als auf seiner Rückseite bei B, wo die durch Entlangstreichen am Draht erhitzte Luft zusammenströmt. Folglich sind die Koronastromdichte, die Ionendichte, die abstoßende Kraft bei B größer als bei A. Es entsteht eine resultierende Abstoßungskraft, die in der Richtung der begonnenen Bewegung wirkt und den Draht in dieser Richtung weitertreibt. Dabei wird die Bewegung zunächst beschleunigt, weil die Temperaturdifferenz zwischen Frontseite und Rückseite und damit die treibende Kraft mit der Geschwindigkeit steigt. Konstante Geschwindigkeit wird erreicht, wenn die treibende Kraft gleich dem sich aus Luftwiderstand und Biegewiderstand zusammensetzenden Gesamtwiderstand ist. Durch die Verbindung dieser treibenden Kraft mit der Zentrifugalkraft ergibt sich die Rotationsbewegung des Drahtes um die Rotationsachse. Es gelang, nach diesem Verfahren einen Koronamotor zu konstruieren, der durch gleichzeitiges Aufheizen und Aufladen einer Anzahl auf einem Zylinderumfang angeordneter Drähte in Bewegung gesetzt wird. Die auftretenden Kräfte sind natürlich äußerst gering.

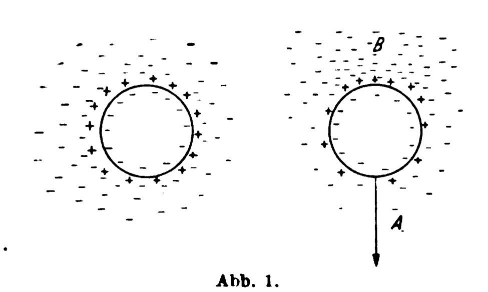


Abb. 1.

Eine Koronaentladung ist chemisch sehr aktiv. Auf Silberdrähten, die in Luft einer staubfreien Koronaentladung ausgesetzt sind, bildet sich eine Reaktionsschicht. Sie besteht aus $AgNO_3$ und wächst proportional der Wurzel aus der Zeit, wenn die Luftfeuchtigkeit über 95 % beträgt. Der Angriff in diesem Falle ist rein chemisch. Dagegen liegt ein rein elektrochemischer Angriff unter Bildung von AgO_2, vielleicht auch von Silbernitrid vor, wenn die Luftfeuchtigkeit kleiner als 40 % ist. Zwischen 40 und 95 % ist ein Übergangsgebiet. In reinem, hochgradig trockenem Stickstoff verläuft der Angriff ebenfalls streng proportional der Zeit und scheint ebenfalls elektrochemischer Natur zu sein. Cu und Fe werden auch etwa proportional der Zeit angegriffen, Fe wesentlich schneller als Cu. Bei W war kein merklicher Angriff vorhanden.

4. Bestimmung von Dielektrizitätskonstanten.

Der über 1 hinausragende Teil der Dielektrizitätskonstante $(\varepsilon - 1)$ ist proportional der Summe der Verschiebungen der Atomelektronen im elektrischen Feld. Er gibt damit Aufschluß über die Elektronenbindung, also über Atomeigenschaften. Es wurde deshalb der Plan entwickelt, für möglichst viele Elemente des periodischen Systems die Dielektrizitätskonstante der Oxyde zu bestimmen. Leider stieß dieses Vorhaben auf derartige experimentelle Schwierigkeiten, daß den bekannten Dielektrizitätskonstanten nur noch wenige weitere hinzugefügt werden konnten. Bei der überwiegenden Mehrzahl der Elemente gelang es nicht, sichere Messungen durchzuführen.

5. Optische Messungen.

Außer den bereits erwähnten Messungen der Helligkeit des Formierungsleuchtens von Al-Anoden wurden verschiedene Messungen über die Abhängigkeit der Helligkeit von fluoreszierenden Gasen von der Energie der aufprallenden Elektronen durchgeführt, wobei sich recht gute Lichtausbeuten bei höheren Elektronenenergien ergaben. Daran schloß sich ein Vorstoß in der Richtung auf das Glühwürmchen. Bekanntlich erzeugt dieses mit fast 100 % Wirkungsgrad sichtbares Licht, und zwar durch Oxydation organischer Substanzen. Organische Substanzen, die sehr hell leuchten, wenn sie oxydiert werden, sind verfügbar. Abwechselnd oxydiert und reduziert werden kann aber bequem auf elektrolytischem Wege. Also wurde versucht, ob auf diese Weise Wechselstromenergie in Licht umgesetzt werden konnte. Der Erfolg blieb jedoch aus. Die benutzte Substanz leuchtete an der Anode ganz ungenügend und ließ sich nicht an der Kathode wieder regenerieren.

Digitized by Google

Entwicklung des Drehstrom-Reihenschlußmotors und steuerungstechnische Aufgaben.

Von **Moritz Schenkel VDE**, Berlin.

DK 621.313.361

Den Anregungen durch Görges' Hochschulunterricht ist es vielleicht zuzuschreiben, daß ich mich mit Vorliebe immer wieder mit dem Drehstrom-Asynchronmotor befaßt habe. Begriff, Wesen und Bedeutung des Drehfeldes in diesem Motor brachte erst Görges in anschaulicher Form in den Unterricht mit. Zwar was Görges geschaffen hatte, konnte schwerlich mehr übertroffen werden. Dafür aber entwickelte sich aus dieser ersten Anregung heraus der praktische Drehstrom-Reihenschlußmotor. Dieser Motor ist bekanntlich eine Erfindung von Görges, er hat sie in der ETZ (1891) S. 699 selbst beschrieben. Ich wollte bewußt in den von meinem verehrten Lehrer zuerst beschrittenen Wegen weiter vordringen und ihn dadurch mittelbar ehren.

Den Drehstrom-Reihenschlußmotor auf rein versuchsmäßiger Basis zu entwickeln wäre sehr schwierig gewesen. Es mußte dazu die Kunst der Berechnung elektrischer Maschinen treten, wie sie sich hauptsächlich in den Jahren 1904 bis 1914 entwickelte. Der eingeschlagene Weg erwies sich als richtig: Der billigere Drehstrom-Reihenschlußmotor mit seiner besseren Werkstoffausnutzung und seiner leichteren Kommutierung verdrängte den Repulsionsmotor sehr bald völlig und ist bis heute eine wertvolle Bereicherung der elektrischen Motorenarten geblieben. Görges' Urheberschaft an diesem Motor ist in meinem Aufsatz[1]) über ihn ausführlich gewürdigt worden.

Gründet sich das Ergebnis dieser mehrjährigen Entwicklungstätigkeit unmittelbar auf Görgessche Gedanken und Erfindungen, so sind die folgenden Gegenstände mehr mittelbar auf die mir durch Görges vererbte Vorliebe für den Drehstrom-Asynchronmotor zurückzuführen. Wie schon Görges das begonnen hatte, wurde der Mehrphasen-Asynchronmotor immer mehr einer einfachen und durchsichtigen Berechnung zugänglich und reizte mich dadurch zu seiner theoretischen Behandlung in Verbindung mit Kommutatormaschinen. Dies waren die Zeiten, in denen neben den eigentlichen Motoren die sogenannten „Regelsätze" auftraten. Es handelte sich dabei immer um große Leistungen. Während man in den Ländern angelsächsischer Sprache, vor allem in Amerika, für solche Leistungen fast nur den Synchronmotor verwendete, wohl hauptsächlich infolge der geringeren werkstattechnischen Schulung des elektrotechnischen Facharbeiters, konnte man sich in den Ländern des europäischen Kontinents unter deutscher und schweizerischer Führung, gestützt auf außerordentlich geschickte Facharbeitskräfte, an die schwierigen Probleme des gesteuerten Asynchronmotors heranwagen. Es waren aber nicht nur größere motorische Leistungen, die nach dem Kriege verlangt wurden, sondern die größere Ausbreitung der Großkraftübertragung stellte auch neue Aufgaben in der Beherrschung größerer Blindleistungen. Die Synchronmaschine hätte das geleistet, wenn sie nicht die ärgerliche Eigenschaft des Außertrittfallens ausgerechnet in kritischen Momenten gehabt hätte. Auf Grund meiner zusammengefaßten Erfahrungen über alle drei Maschinenarten befürwortete ich den Bau großer asynchroner Blindleistungsmaschinen mit relativ kleinen Kommutatormaschinen im Stromkreis des Läufers und trat damit vor die Öffentlichkeit[2]).

Noch einen dritten Ideengang möchte ich zeigen, der von den Asynchron- und Kommutatormaschinen seinen Anfang genommen hat, dann aber auf einem ganz anderen Gebiet landete und dorthinein die Vorzüge des asynchronen Ganges von Maschinen übertrug, nämlich auf das Gebiet der Quecksilberdampf-Vakuumapparate. Mit den maschinellen asynchronen Regelsätzen ließ sich nämlich nicht nur die Unabhängigkeit von Frequenzschwankungen des speisenden Netzes erzielen, sondern es ließen sich auch sehr interessante Aufgaben steuerungstechnischer Natur lösen. Ein Beispiel dieser Art, angewendet auf einen Netzkupplungsformer von 3300 kW zur Kupplung eines Drehstromnetzes von der Frequenz 50 Hz mit einem Einphasenbahnnetz von der Frequenz 16⅔ Hz, habe ich im Jahre 1929 beschrieben[3]). Die Lösung solcher steuerungstechnischer Aufgaben ist sehr reizvoll, aber nicht ganz einfach. Außer dem Regelsatz benötigt man mehrgliedrige kleine Maschinensätze. Deshalb war schon mehrfach vorgeschlagen worden, die Läuferströme der Asynchronmaschinen über Gleichrichter in Gleichstrom zu verwandeln, diesen in einer auf der Welle des Regelsatzes sitzenden Gleichstrommaschine zu verarbeiten und auf diese Weise die aus dem Asynchronläufer kommende elektrische Energie der Welle wieder als mechanische Energie zuzuführen. Das auszuführen war aber erst von da ab praktisch möglich, als man gelernt hatte, wie nun wieder die Gleichrichter mit Hilfe von Gittern zu steuern wären. Über die Gitter konnte man die Steuerung in beliebiger Weise und noch dazu mit ganz kleinen Steuerströmen vornehmen und erhielt außer dem Regelsatz selber nur ruhende Geräte. Wie den Gittern der Gleichrichter die Frequenz der Primärseite des Regelsatzmotors zuzuführen und mit der Frequenz seiner Sekundärseite zu überlagern sei, ist in dem DRP 671 450 vom 21. 2. 1931 in Abb. 9 niedergelegt. Das Wertvollste an dieser Steuerung war, daß dabei der asynchrone Charakter des Regelsatzmotors völlig gewahrt blieb! So entstand in gemeinsamer Arbeit mit J. v. Issendorff, der auch ein Schüler von Görges war, die oben erwähnte Erfindung und Patentschrift über den Steuerumrichter. Diese interessante Anordnung ist in den kürzlich vergangenen Jahren gemeinschaftlich mit der Reichsbahn in deren Saalachkraftwerk erprobt und von uns und anderen Mitarbeitern beschrieben worden[4]) und wird in einer größeren Ausführung im Jahre 1940 in einem Reichsbahn-Unterwerk bei Nürnberg in Betrieb kommen.

Wenn es mir gelungen sein sollte, in diesen Zeilen ein paar der interessanten Ergebnisse aus dem wissenschaftlichen und Forschergeiste wiederzugeben, den wir Schüler unserem allverehrten Geheimrat Görges und seinen Anregungen und Lehrweisen verdanken, so werden sie ihren Zweck erreicht haben!

---

1) M. Schenkel, Der Drehstrom-Reihenschlußmotor der Siemens-Schuckertwerke, ETZ 33 (1912) S. 473.

2) Vergl. M. Schenkel, ETZ 45 (1924) S. 1265 und Sonderheft Herbst 1924, S. 15: Neuere Fortschritte auf dem Gebiet der Asynchron-Generatoren und Asynchron-Blindleistungsmaschinen.

3) Vergl. M. Schenkel, Siemens-Jb. (1929) S. 139: Der Netzkupplungsumformer Alnabru der norwegischen Staatsbahnen und seine elektrische Arbeitsweise.

4) Siemens-Z. (1931) S. 142. Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 14 (1935) H. 3, S. 1; Elektr. Bahnen 11 (1935) H. 9, S. 235.

Digitized by Google

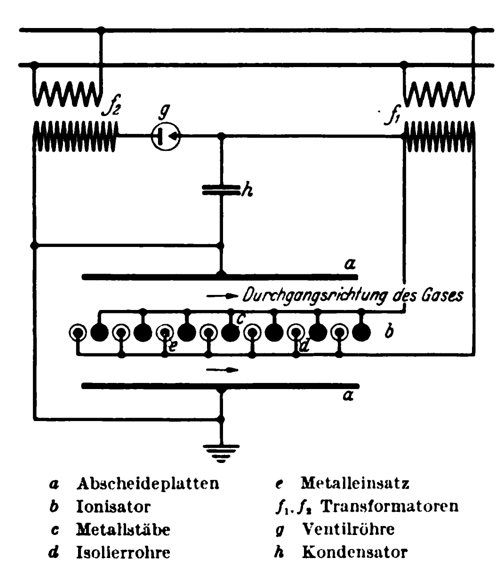
Über Ionisationsflächen und ihre Wirkungsweise bei der elektrischen Gasreinigung.

Von G. **Brion** VDE, Freiberg i. Sa.

DK 621.319.5 : 66/69

Übersicht. Eine Anordnung der elektrischen Gasreinigung wird beschrieben, bei der die Stoßionisation und das Abscheidefeld von zwei voneinander unabhängigen elektrischen Spannungen erzeugt werden. Die Unterschiede dieser Anordnung gegenüber der in der Industrie gebräuchlichen werden besprochen.

Bei dem klassischen elektrischen Gasreinigungsverfahren von Cottrell und Möller[1]) werden in einem unhomogenen Gleichspannungsfeld an der einen Elektrode Gasionen durch Stoßionisation erzeugt. Während die positiven Ionen auf die negative Elektrode (dünner Draht, Sprühdraht) zurückfallen, bewegen sich die negativen Ionen nach der positiven Abscheide- oder Niederschlagselektrode von Platten- oder Röhrenform und füllen den Raum zwischen den Elektroden aus, der von dem zu reinigenden Gas durchströmt wird. Die Staub- oder Flüssigkeitsteilchen werden durch Zusammenstoß mit den negativen Ionen negativ geladen und erfahren im elektrischen Feld eine nach der Abscheideelektrode gerichtete Kraft (Feldkraft), die der Ladung und der Feldstärke proportional ist. Kennzeichnend für die Wirkungsweise ist das unhomogene Feld.

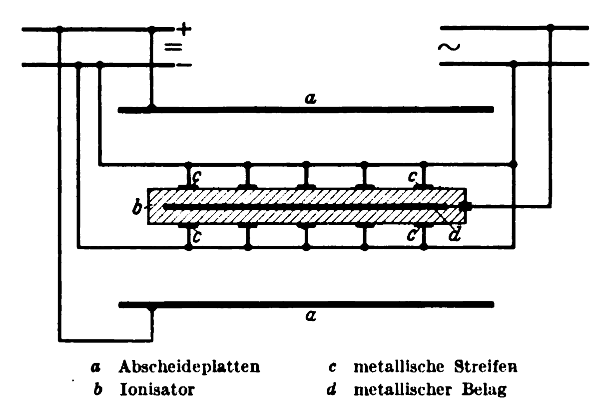


a Abscheideplatten, *b* Ionisator, *c* Metallstäbe, *d* Isolierrohre, *e* Metalleinsatz, $f_1.f_2$ Transformatoren, *g* Ventilröhre, *h* Kondensator

Abb. 1. Schaltanordnung einer elektrischen Gasreinigungs-Apparatur mit Stab-Rohr-Ionisator.

Anordnungen, bei denen die Felder für die Stoßionisation einerseits, für die Raumladung und Abscheidung anderseits getrennt sind, wurden im Institut für Elektrotechnik an der Bergakademie Freiberg näher untersucht. Bei der Wahl einer besonderen Stromquelle für die Stoßionisation waren folgende Gesichtspunkte maßgebend:

Eine starke Ionisation soll bereits bei einer niedrigen Wechselspannung einsetzen. Das Ionisator- und das Abscheidefeld müssen sich derartig überlagern, daß schon kleine Feldstärken des Abscheidefeldes genügen, um viele Ionen eines Vorzeichens in den Abscheideraum zu treiben, da von dieser Aufladung des Scheideraumes die Aufladung der Staubteilchen und damit verbunden die auf sie wirkende Scheidekraft abhängt. Der Ionisator darf ferner das Abscheidefeld nicht ungünstig beeinflussen, insbesondere die Durchschlagspannung dieses Feldes durch Verzerrung nicht wesentlich herunterdrücken. Aus diesen Gründen scheidet eine Gleichspannung für das Ionisatorfeld aus.



a Abscheideplatten, *b* Ionisator, *c* metallische Streifen, *d* metallischer Belag

Abb. 2. Schaltanordnung eines Plattenionisators.

Um die bei einem solchen, von Wechselstrom gespeisten Ionisator auftretenden Erscheinungen untersuchen und gleichzeitig berechnen zu können, wurde eine Anordnung nach Abb. 1 gewählt, die aus einem System von parallelen dünnen metallischen Stäben und dazwischen röhrenförmigen, unten geschlossenen Isolatoren mit innerem Metalleinsatz bestand. Legt man zwischen Stäbe und Röhren eine regelbare Wechselspannung, so ist der Strom bei niedriger Wechselspannung ein reiner Blindstrom, der sich aus der Frequenz, der Dielektrizitätskonstante des Isoliermittels, dessen Dicke sowie der Größe des Luftspaltes ergibt. Je kleiner der Luftspalt, um so größer wird der Ladestrom, um so eher erfolgt der Luftdurchschlag. Sobald die Luft durchbrochen wird und das Glimmen einsetzt, schnellt der Strom in die Höhe; die Phasenverschiebung geht von 90° auf etwa 50° zurück und ändert sich mit zunehmender Spannung nur wenig; der scheinbare Widerstand des Luftspaltes wird immer kleiner, fast die ganze Spannung liegt am festen Dielektrikum, bis es bei noch weiterer Spannungserhöhung durchgeschlagen wird.

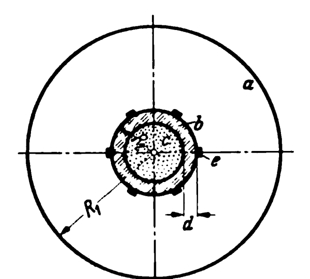
Die ionisierte Luft zwischen Röhren und Stäben bildet eine Ebene, die nur durch die in der Abbildung übertrieben dick gezeichneten Elektroden unterbrochen ist. Wird zwischen den blanken Stäben des Ionisators einerseits und den zwei zum Ionisator parallelen metallischen Platten anderseits eine Gleich- oder gleichgerichtete Wechselspannung gelegt der Art, daß die Platten positiv geladen sind, so entsteht ein der Hauptsache nach senkrecht zu den Platten gerichtetes Gleichspannungsfeld. Der Kondensator h hat die Aufgabe, die Gleichspannung, also auch das Gleichspannungsfeld möglichst konstant zu halten. Ein Teil der in der Ionisationsfläche gebildeten negativen Ionen wird herausgezogen, der vom durchströmenden Gas ausgefüllte Raum mit diesen Ionen durchsetzt, die Staubteilchen werden geladen und auf die Platten zu bewegt.

Bei genauem Studium der hierbei auftretenden elektrischen Erscheinungen und Staubabscheidungen ergab sich, daß die Anordnung günstiger wirkte, d. h. die Durch-

[1]) Heinrich, ETZ 60 (1939) H. 1, S. 7. — Krutzsch, Überlagerung von Wechsel- und Gleichspannungsfeldern zur elektrischen Gasreinigung. Braunkohlenarchiv (1931) H. 32. — Brion-Krutzsch, Untersuchungen über die elektrische Gasreinigung. Z. VDI 75 (1931) S. 1455. — Köck, Wirkungsweise von Ionisationsflächen bei der elektrischen Gasreinigung. Braunkohlenarchiv (1936) H. 44.

Digitized by Google

setzung des Abscheideraumes mit negativen Ionen bei gleichbleibender Wechselspannung zunahm, wenn man den Luftspalt ganz unterdrückte, d. h. die metallischen Stäbe durch schmale auf die Isolierröhren aufgeklebte oder aufgespritzte Streifen[2]) in der Richtung der Längsachse der Rohre ersetzte. Zwei Formen eines solchen Ionisators, und zwar in Platten- und in Röhrenform, wurden experimentell und rechnerisch eingehend untersucht. Beim Plattenionisator, Abb. 2, hat der Isolator die Form einer ebenen zweiteiligen Platte von je etwa 2 mm Stärke. Die innere Fläche ist mit einer Metallfolie, die äußere mit schmalen parallelen Streifen in Abständen von 2 bis 10 cm belegt. Beim Anlegen einer Wechselspannung von etwa 15 kV leuchtete die ganze Außenfläche in bläulich-violetter Farbe. Der Rohrionisator (Abb. 3) ist als unten abgeschlossenes Isolierrohr mit metallischem Innenbelag ausgebildet, während auf der Außenmantelfläche schmale metallische Streifen entweder in der Längsrichtung oder spiralförmig angebracht sind. Die Abscheideelektrode umgibt als Röhre den Ionisator, die Gleichspannung liegt zwischen Röhre und Streifen. Die auf ionentheoretischer Grundlage durchgeführten Berechnungen stimmten bis auf wenige Prozent mit den ausgedehnten Versuchsergebnissen überein, die Abweichungen sind der Hauptsache nach eine Folge der Diffusion und der positiven Gasionen, die in unmittelbarer Nähe der Sprühfläche liegen.



a äußere metallische Röhre
b Innenrohr aus Isolierstoff
c Metalleinsatz
d Stärke des Innenrohres
e Streifen auf Mantelfläche des Innenrohres

Abb. 3. Rohrionisator.

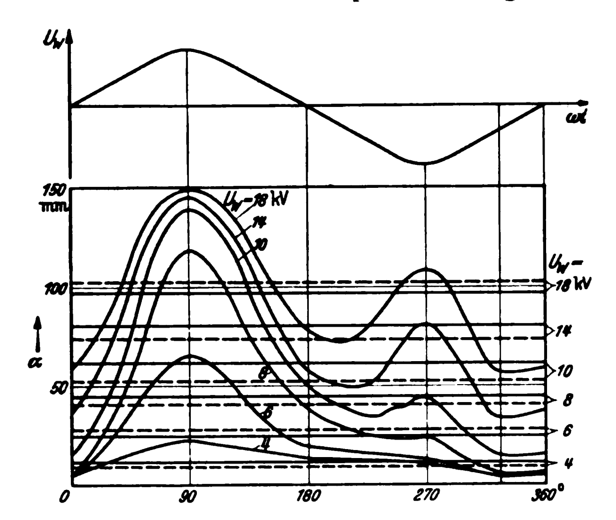


Abb. 4. Abhängigkeit des Gleichstroms (α) vom Augenblickswert der Wechselspannung des Ionisators für verschiedene Effektivwerte U_W des Ionisators.

Es mögen zunächst die wichtigsten elektrischen Ergebnisse mitgeteilt werden. Da die Scheidewirkung der Hauptsache nach von der Höhe des Gleichstromes abhängig ist, so wurde die Stromdichte bei gegebener Gleichspannung in Abhängigkeit von der Ionisationsspannung aufgenommen, und zwar sowohl die Mittel- wie die Augenblickswerte. Denn es war anzunehmen, daß die Zahl der negativen freien Ionen, die im Gleichspannungsfeld auf diese Ionen wirkende Kraft und schließlich die Stärke des Gleichstromes je nach dem Momentanwerte der Wechselspannung verschieden sein würde. Diese Annahme wurde durch die Versuchsergebnisse mit einem Plattenionisator vollauf bestätigt, wie aus Abb. 4 zu ersehen ist. Die Randwirkungen sind durch Benutzung eines Meßfensters nach W. Thomson ausgeschaltet. In der Abbildung geben die ausgezogenen Linien die durch Planimetrieren erhaltenen Gleichstrom-Mittelwerte, die gestrichelten Linien die mit Drehspulinstrument direkt gemessenen Werte. Wenn das Potential der Streifenelektrode gegenüber der Platte des Ionisators positiv ist, dann werden die positiven Ionen gegen die Isolierschicht gepreßt und die negativen Ionen sind frei; die Stromstärke ist groß, da die Niederschlagselektrode positiv ist und die negativen Ionen sich nach dieser Elektrode frei bewegen können. Eine halbe Periode später werden die negativen Ionen gegen die Isolierschicht gepreßt, der Strom wird kleiner. Das Maximum der Wechselspannung stimmt mit dem des Gleichstromes zeitlich überein. Wurde umgekehrt die Ionisationsspannung konstant gehalten und die Gleichspannung geändert, so ergaben sich bei einem Ionisator nach Abb. 1 die Kurven der Abb. 5. Im Gegensatz zu den

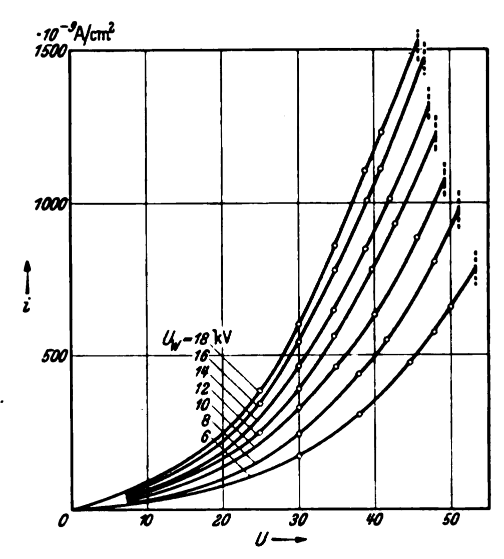


Abb. 5. Abhängigkeit des Gleichstromes von der Gleichspannung für verschieden große Ionisatorspannungen. Die senkrechten gestrichelten Linien geben die Spannung an, bei der der Luftdurchschlag erfolgte.

Erscheinungen bei der Anordnung nach Cottrell und Möller beginnt der Gleichstrom bereits bei niedriger Gleichspannung zu fließen, während er ohne Ionisatorspannung auch bei der höchsten Gleichspannung verschwindend klein bleibt.

Besonders wichtig war die Berechnung und Messung des Potentialverlaufes des Gleichspannungsfeldes, denn von der Feldverteilung hängt bei gegebenem Abstand der Elektroden des Gleichspannungsfeldes die Durchschlagsspannung, also auch die maximal zulässige Betriebsspannung ab. Die Versuche mit der Anordnung nach Abb. 2 ergaben eine recht befriedigende Übereinstimmung mit den rechnungsmäßig gewonnenen Werten, solange der Streifenabstand klein war im Verhältnis zur Größe des Luftabstandes. Die Feldstärke ist an der Streifenelektrode am kleinsten, an der Abscheideelektrode am größten. Das ist ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, daß der Luftzwischenraum von negativen Ionen ausgefüllt ist, die das Feld nach der Abscheideelektrode hin verstärken und an der Streifenelektrode schwächen. Ebenso ergibt sich rein rechnerisch, daß die Geschwindigkeit, mit der sich die Gasionen bewegen, an der Abscheideplatte, die Ladungsdichte dagegen am Ionisator am größten ist.

Bei dem Rohrionisator liegen die Verhältnisse insofern anders, als die Feldverteilungskurve ohne Ionisator hyperbelartig verläuft, wie aus der Kabeltheorie seit Jahrzehnten bekannt ist, und zwar ist die Feldstärke an den Streifen ein Maximum, an der Röhre ein Minimum. Die

[2]) Für das Aufspritzen der Streifen bin ich Herrn Dr.-Ing. E. h. W. Hofmann, Radebeul bei Dresden, zu großem Dank verpflichtet.

Digitized by Google

Ionisatorspannung wirkt wie beim Plattenionisator im entgegengesetzten Sinne; durch passende Wahl der Größe der Wechselspannung kann man längs der Luftstrecke ein praktisch konstantes Gleichspannungsfeld erhalten.

Da die Höhe der Gleichspannung durch den Luftdurchschlag begrenzt wird, so ist die Anordnung am günstigsten, bei der das Feld längs des Luftweges konstant bleibt. Der Rohrionisator ist daher der Plattenform überlegen. Die Stromstärke, bei der der Durchschlag einsetzt, ist keine gegebene Größe, wie aus Abb. 5 hervorgeht, sondern von der Größe der Ionisatorspannung abhängig. Hier ist die Durchschlagspannung durch kurze, senkrechte gestrichelte Linien angegeben. Je größer die Ionisatorspannung, um so größer ist der Gleichstrom, bei dem der Durchschlag eintritt.

Abscheideversuche.

In einem Versuchsabscheider von etwa 1 m Höhe und 40 × 40 cm Querschnitt wurden die verschiedenen elektrischen Größen, die Gasgeschwindigkeit, die etwa zwischen 1 und 8 m/s geregelt wurde, die Staubmenge (in der Hauptsache Braunkohlenstaub) vor Eintritt und nach Verlassen der Scheidekammer gemessen, und zwar sowohl nach der Anordnung von Cottrell mit Sprühdrähten als auch mit einem Ionisator. Der Hauptunterschied in der Wirkung der beiden Anordnungen besteht darin, daß bei den Sprühdrähten infolge des elektrischen Windes eine kräftige Durchwirbelung des Gasgemisches auftritt, so daß in jedem Querschnitt senkrecht zur Gasgeschwindigkeit die Staubdichte überall die gleiche ist, während bei den Ionisatoren die Bewegung der geladenen Teilchen zur Abscheideelektrode vollkommen gleichmäßig erfolgt. Man kann dieses gleichmäßige Fliegen der Staubteilchen direkt beobachten, wenn man hell aufblitzende Stäube bei Dunkelfeldbeleuchtung abscheidet. In diesem Falle ist die Staubdichte in der Nähe der Streifenelektrode ein Minimum, in der Nähe der Abscheideplatte ein Maximum. Hiernach ist die Anordnung mit Ionisator stets dann vorteilhaft, wenn es darauf ankommt, möglichst restlos den Staub aus dem Gasstrom zu entfernen, ein Fall, der bekanntlich eintritt, wenn sich in dem Gasstrom Stoffe befinden, die für den tierischen Organismus oder die Pflanzenwelt auch in kleinen Mengen schädlich sind, ferner, wenn z. B. die Gichtgase als Treibstoff möglichst staubfrei gewonnen werden sollen. Daß die Entstaubungswirkung von der Höhe der Gleichspannung abhängig ist, dürfte selbstverständlich sein, denn von der Höhe der Gleichspannung hängt die Stromstärke i ab, und theoretische Rechnungen führen zu dem Ergebnis, daß bei der Anordnung mit Stoßionisator die Zeit t, die ein Staubteilchen braucht, um von der unmittelbaren Nähe des Ionisators zur Abscheideplatte zu fliegen, durch den Ausdruck gegeben ist $t = C\sqrt{a/i}$, wobei C unter anderem von der Größe und Form der Teilchen, von der Beschaffenheit des Gasmediums und des Staubes abhängt und a der Abstand zwischen Ionisatorfläche und Abscheideplatte ist.

Ganz besonders interessant ist das Verhalten der Stäube, wenn sie an die Abscheideelektrode gelangt sind. Der Braunkohlenstaub, mit dem vornehmlich gearbeitet wurde, setzte sich an den Platten in immer dickeren Schichten fest, um dann plötzlich, insbesondere bei leichtem Klopfen, abzufallen. Im Gegensatz hierzu wurde bei gewissen Stäuben, z. B. bei Bärlappsporen, die sehr schlechte Leiter sind, insbesondere wenn sie trocken waren, eine Abschirmwirkung beobachtet. Haben die schlecht leitenden Staubteilchen die Abscheideelektrode erreicht, so geben sie ihre Ladung fast gar nicht ab, es bildet sich zwischen Elektrode und Staubbelag eine dünne elektrische Doppelschicht, innerhalb deren das Feld so stark ist, daß Fünkchen von der Elektrode zur Staubschicht übergehen können, während das Feld im übrigen Raum entsprechend niedrig bleibt. Bei anderen gut leitenden Stäuben, z. B. bei Graphit, Magnesiumoxyd, Aluminiumgrieß, erfolgt als Gegenstück eine Wiederabstoßung nach Berührung der Abscheideplatte; dieses Herumspringen der Staubteilchen auf den Abscheideplatten konnte sehr gut beobachtet werden. Als Endeffekt treten die Stäube unabgeschieden aus der Reinigungskammer.

Zusammenfassung.

Die Anordnung mit Ionisatorflächen ist umständlicher und teuerer in der Anschaffung als die Anordnung von Cottrell, da zwei Stromquellen benötigt werden. Außerdem sind die Betriebskosten wegen des Energieverbrauches des Ionisators höher. Diese Energie wird nur zum kleinen Teil dadurch ausgenutzt, daß eine relativ kleine Anzahl der erzeugten Gasionen des einen Vorzeichens in den Abscheideraum getrieben wird, der größte Teil geht durch Wiedervereinigung mit den Gasionen des anderen Vorzeichens verloren. Im Gegensatz hierzu werden bei der Anordnung nach Cottrell sämtliche Gasionen eines Vorzeichens für die Raumladung nutzbar gemacht. Dagegen hat die Ionisatoranordnung den Vorteil, daß eine restlose Abscheidung mit einfachen Mitteln möglich ist, während bei der Cottrellanordnung die Kosten für Anlage und Betrieb außerordentlich stark mit zunehmendem Reinheitsgrad wachsen. Außerdem ist bei der Ionisatoranordnung eine grobe Entstaubung mit einem viel schwächeren Gleichspannungsfeld möglich, was bei explosiblen Gas-Staub-Gemischen wichtig ist, bei denen infolge eines Luftdurchschlages ein Verpuffen oder Explosion auftreten kann. Daß durch Anwendung einer höheren Frequenz für den Ionisator, sowie durch Benutzung von Ionisatoren von großer Dielektrizitätskonstante und niedriger dielektrischer Hysterese eine Verschiebung der Verhältnisse zugunsten der Ionisatoranordnung eintritt, ist anzunehmen. Hierüber soll später berichtet werden.

Die Schwingungsvorgänge des Systems Kolbenmaschine-Drehstromgenerator bei starrer Kupplung, dargestellt an einem Ersatzmodell.

Von Rud. Wolf VDE, Niedersedlitz i. Sa.

DK 621.313.3.018.6 : 621.43

Übersicht. Die Anregung zu vorliegendem Aufsatz kam aus Kreisen des Dieselmotorbaues, bei dessen Erzeugnissen große Schwierigkeiten durch Pendelerscheinungen aufgetreten waren. Es wurde die bereits um die Jahrhundertwende viel erörterte Frage aufs neue gestellt: Welche Schwingungen können bei einem durch eine Kolbenmaschine angetriebenen Drehstromgenerator auftreten und unter welchen Umständen, d. h. besonders bei welcher Frequenz der Kolbenstöße werden sie für den Betrieb gefährlich? Bei der Bearbeitung dieser Aufgabe diente als Ausgangspunkt der Aufsatz „Über das Verhalten parallelgeschalteter Wechselstrommaschinen" von Hans Görges in der ETZ 21 (1900) S. 188 und die darauf aufgebaute Vorlesung des Herrn Prof. Görges an der Technischen Hochschule zu Dresden. Um das Problem dem Verständnis des Ingenieurs nahezubringen, wurde nur der einfachste Fall behandelt: Einzelmaschinensatz, starre Kupplung, keine Verluste und keine Dämpfung und dabei eine möglichst übersichtliche Modellanordnung zugrunde gelegt.

1. Grundbegriffe; Ableitung der Momentenformeln.

Die bewegten Massen des Systems (Kolben, Kurbelwelle, Schwungrad und Polrad des Drehstromgenerators) sollen als ein starres Ganze mit dem Trägheitsmoment J

Digitized by Google

(in mkgs²) betrachtet und als „Schwungmasse" bezeichnet werden.

a) Das Antriebsmoment M_1 einer Kolbenmaschine kann man sich aus einem konstanten Glied M_c (abhängig von der Belastung) und einer Anzahl harmonischer Schwingungen (Glieder einer Fourierschen Reihe) zusammengesetzt denken, von denen jedoch jeweils nur ein Glied M_a mit der Kreisfrequenz $\omega_a = 2\pi \times$ Impulszahl je Sekunde der Betrachtung zugrunde gelegt werden soll:

$$M_a = A \sin \omega_a t. \tag{1}$$

Das Gesamtmoment ist also:

$$M_1 = M_c + M_a. \tag{2}$$

Das konstante Glied hält bei gleichbleibender Belastung die Schwungmasse auf der konstanten Winkelgeschwindigkeit Ω_c, während die periodischen Schwankungen des Antriebsmomentes im allgemeinen entsprechende Änderungen der Winkelgeschwindigkeit erzeugen, so daß die Schwungmasse um die gleichmäßig fortschreitende Mittellage η_c mit einem Ausschlagwinkel ε pendelt.

Die von M_c erzeugte konstante Winkelgeschwindigkeit Ω_c, wofür man auch mit der Drehzahl n schreiben könnte: $2\pi n/60$, dient zur Übertragung der mittleren mechanischen Leistung N, die das Produkt von M_c und Ω_c ist und, wenn man sie in Watt ausdrückt, mit der Fallbeschleunigung g in ms⁻² zu multiplizieren ist:

$$N^{\mathrm{W}} = 9{,}81\, \Omega_c M_c. \tag{3}$$

b) Bei Drehschwingungen entsteht wie bei jeder Geschwindigkeitsänderung ein zusätzliches Moment der Trägheitskräfte $-M_b$, das dem beschleunigenden Moment M_b entgegengesetzt ist. Dieses ist der Winkelbeschleunigung $\mathrm{d}^2\varepsilon/\mathrm{d}t^2$ und dem Trägheitsmoment J proportional:

$$M_b = J \frac{\mathrm{d}^2 \varepsilon}{\mathrm{d} t^2}. \tag{4}$$

Von einer Dämpfung der Schwingungen, also einem der Winkelgeschwindigkeit $\mathrm{d}\varepsilon/\mathrm{d}t$ proportionalen Glied soll abgesehen werden.

c) Die mittlere mechanische Leistung [Gl. (3)] wird vom Generator wieder abgegeben als elektrische Leistung, die für Drehstrom bei der Phasenspannung U und dem Phasenwirkstrom I gleich $3\,U\,I$ ist, und zwar hat sie das entgegengesetzte Vorzeichen wie die zugeführte Leistung (in Watt):

$$N = -3\,U\,I. \tag{5}$$

Aus Gl. (5) und (3) folgt:

$$M_c = -\frac{3\,U\,I}{9{,}81\,\Omega_c}. \tag{6}$$

Da der Quotient U/Ω_c dem Ankermagnetismus Φ proportional ist, erkennt man, daß M_c ein elektromagnetisches Moment ist. Mit der Frequenz des Drehstroms f besteht die Beziehung

$$\Omega_c = \frac{2\pi f}{p} = \frac{\omega}{p}, \tag{7}$$

wobei p die Zahl der Polpaare und ω die Kreisfrequenz des Drehstroms ist.

Aus Gl. (6) wird dann

$$M_c = -\frac{p}{9{,}81\,\omega} \cdot 3\,U\,I. \tag{8}$$

Beispiel: Drehstromgenerator. — Sternspannung $\sqrt{3}\,U = 2300$ V. Stromstärke $I = 37{,}5$ A. Leistungsfaktor $\cos\varphi = 0{,}8$. $I_K : I = 3{,}75$. Nennleistung $N = 3 \cdot \frac{2300}{\sqrt{3}} \cdot 37{,}5 \cdot 0{,}8 = 120\,000$ W $= 12\,000$ mkg/s. Frequenz des Drehstroms $f = 60$ Hz. Zahl der Polpaare $p = 13$. Drehzahl $n = 277$ U/min. $\Omega_c = 29$ s⁻¹. Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f = 377$ s⁻¹. Drehmoment für Vollast $M_c = 12\,000/29 = 415$ mkg.

Durch das Moment M_c wird der als Drehfeld rotierende Ankermagnetismus Φ, dessen Achse bei $I = 0$ die Fortsetzung der Polachse war, um einen bestimmten Winkel ψ zurückverschoben, weil die von den Polen ausgehenden Feld-AW. außer dem Ankerfluß noch die Ankerrückwirkung und Streuung decken müssen. Das Vektordiagramm (Abb. 1) zeigt für induktionsfreie Be-

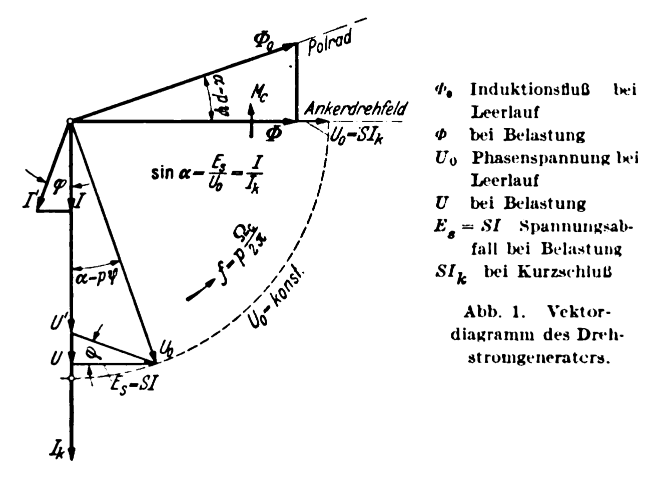


Abb. 1. Vektordiagramm des Drehstromgenerators.

lastung das Voreilen des bei Leerlauf von den Polen ausgehenden Flusses Φ_0 vor dem Ankerfluß Φ um den Winkel α, der aus dem entsprechenden Spannungsdreieck zu bestimmen ist: $\sin\alpha$ ist gleich dem Verhältnis E_s/U_0, das mit Hilfe des Kurzschlußversuchs gefunden wird:

$$\sin\alpha = \frac{E_s}{U_0} = \frac{I}{I_K}. \tag{9}$$

Der eine Zeitgröße darstellende Winkel α ist das p-fache des räumlichen Winkels ψ zwischen Polrad und Ankerdrehfeld. Denn das Vektordiagramm kann bei der gleichmäßigen Rotation des Drehfeldes als räumliches Diagramm für alle zu einem Polpaar gehörenden elektrischen und magnetischen Größen aufgefaßt werden. Dabei liefert allerdings den Strom zur Bildung des elektromagnetischen Moments M_c nicht die den Fluß umschließende, sondern die um eine halbe Polteilung verschobene Ankerspulengruppe, die den maximalen Strom führt, wenn das Polpaar maximal magnetisiert ist. Man kann sich vorstellen, das Polrad schleppe durch eine Kupplung das Ankerdrehfeld im Winkelabstand ψ hinter sich her, ebenso wie von dem Drehfeld ein parallelgeschalteter gebremster Synchronmotor nachgeschleppt würde.

Bei Entlastung verschwindet der Ankerstrom und damit auch die Ankerrückwirkung. Ist der Generator nur durch Widerstände belastet, so federt das trägheitslose Ankerfeld beim Ausschalten des Stromes augenblicklich in die Polachsenlage zurück. Beim Zusammenarbeiten mit einem Netz, an das Synchronmaschinen angeschlossen sind, muß sich aber das Polrad nach dem gegebenen Ankerdrehfeld richten, also aus der Belastungslage in die Leerlauflage um den Winkel ψ zurückpendeln. Dabei werden infolge der Trägheitskräfte Schwingungen angeregt, deren wechselnder Ausschlagwinkel mit ε und deren wechselndes Moment mit M_e bezeichnet werde. Auch während der konstanten Leistungsabgabe (Moment M_c) können durch Impulse elektrischer oder mechanischer Art Schwingungen um die Belastungslage auftreten, so daß man allgemein erhält: Ausschlagwinkel gleich $\psi + \varepsilon$ und Gesamtmoment auf der Generatorseite

$$M_2 = M_c + M_e. \tag{10}$$

Nach dem Prinzip von d'Alembert ist

$$M_1 + M_2 - M_b = 0. \tag{11}$$

Digitized by Google

2. Ersatzbilddarstellung; Richtvermögen.

Um die Schwingungen von der konstanten Leistungsübertragung zu trennen, ist die Schwungmasse (in der Mitte der Abb. 2) auf beiden Seiten mit großen Schwungrädern gekuppelt gedacht, die mit ganz gleichmäßiger, dem Drehfelde entsprechender Geschwindigkeit, also unbeeinflußt von pulsierenden Kräften, laufen und die Leistung für das konstante Drehmoment M_c liefern bzw. verbrauchen sollen. Dazu wird das linke Schwungrad (Motorseite) wie eine Turbine von einem Dampf- oder Wasserstrahl mit dem Moment M_c angetrieben. Das rechte Schwungrad (Generatorseite) hält demselben Moment durch eine Bremsvorrichtung die Waage.

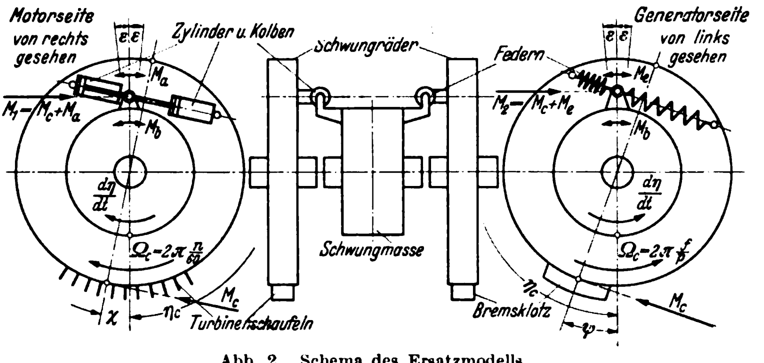


Abb. 2. Schema des Ersatzmodells.

Zwischen den Schwungrädern kann die Schwungmasse gewisse durch die Kupplungen zugelassene Drehbewegungen ausführen. Auf der Motorseite bestehe die Kupplung in Systemen von Zylindern und Kolben, von denen das pulsierende Drehmoment M_a z. B. durch einen periodisch wechselnden Gas- oder Dampfdruck erzeugt wird.

Auf der Generatorseite sei die Übertragung des elektromagnetischen Moments, die elastisch ist wie eine federnde Kupplung, durch Federn zwischen Schwungmasse und Schwungrad ersetzt, die entsprechend dem übertragenen Moment nachgeben, so daß bei dem konstanten Drehmoment M_c der konstante Verdrehungswinkel ψ und bei wechselnden Momenten M_e wechselnde Winkel ε auftreten. Der Federkonstanten (dem Verhältnis von Kraft zu Längenänderung) entspricht hier das Richtvermögen (Direktionskraft oder synchronisierendes Moment)

$$D = \frac{\mathrm{d}M_c}{\mathrm{d}\psi} = \frac{\mathrm{d}M_e}{\mathrm{d}\varepsilon}, \tag{12}$$

das man aus den elektrischen Eigenschaften des Generators [unter Verwendung der Gl. (8) und (9)] berechnen kann:

$$D = -\frac{p}{9{,}81\,\omega}\cdot 3\,U\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}\psi} = -\frac{p}{9{,}81\,\omega}\cdot 3\,U\,I_K\frac{\mathrm{d}\sin\alpha}{\mathrm{d}\psi}$$
$$= M_0\frac{\mathrm{d}\sin\alpha}{\mathrm{d}\psi} = p\,M_0\cos p\,\psi = D_L\cos p\,\psi\,. \tag{13}$$

Die Abhängigkeit des Momentes M_c vom Winkel ψ folgt dem Sinusgesetz (Amplitude $= M_0$). Für das Richtvermögen D gilt die Cosinuslinie (Amplitude $= p\,M_0$). Da auch bei normaler Belastung die M-Kurve noch kaum von der Geraden abweicht (im Beispiel ist für Vollast $\sin\alpha = 1/3{,}75$, $\alpha = 15{,}5°$, $\psi = 1{,}2°$ oder 0,021 rad), soll im folgenden wie bei einer federnden Kupplung mit dem konstanten Richtvermögen D_L gerechnet werden. Aus Gl. (13) und (5) folgt:

$$D_L = p\,M_0 = -\frac{p^2}{9{,}81\,\omega}\cdot 3\,U\,I_K = \frac{p^2}{9{,}81\,\omega}\,N\,\frac{I_K}{I}\,. \tag{14}$$

D weicht im Beispiel von D_L nur um 4 % ab: $D_L =$ 20 000 mkg, $D = D_L\cos\alpha = 0{,}96\,D_L$.

3. Schwingungsvorgang bei Netzanschluß, aber ohne Antriebsmoment.

Von der Antriebseite her sollen keine Kräfte wirken ($M_1 = 0$). Dagegen soll der Generator mit dem Netz verbunden sein, also mit dem Drehfeld synchron laufen. Im Ersatzbild, Abb. 2, denken wir uns auf der linken Seite die Kolben leer in den Zylindern laufend oder ganz herausgenommen und betrachten die Relativbewegungen zwischen dem rechten Schwungrad und der elastisch damit gekuppelten Schwungmasse, wenn durch einen äußeren Eingriff die federnde Kupplung bis zu einem Winkel ε_{e0} gespannt und plötzlich wieder freigegeben wird. Unter dem Einfluß des elektromagnetischen Momentes und der Trägheitskräfte führt die Schwungmasse freie Schwingungen um die Mittellage aus, die nicht gedämpft sein sollen. Zur Erleichterung des Verständnisses können wir uns die Schwungräder stillstehend und die Schwungmasse um die Ruhelage pendelnd denken.

M_1 ist $= 0$, die konstanten Größen M_c und ψ verschwinden, und die Gl. (13) wird zu

$$M_e - M_b = 0\,. \tag{15}$$

Wenn wir für diesen Sonderfall den Ausschlagswinkel mit ε_e bezeichnen, so ist nach Gl. (12) $M_e = D_L\,\varepsilon_e$. M_b ist durch Gl. (4) gegeben. Aus Gl. (15) folgt nun:

$$J\,\frac{\mathrm{d}^2\varepsilon_e}{\mathrm{d}t^2} - D_L\,\varepsilon_e = 0\,. \tag{16}$$

Das ist die Bewegungsgleichung einer freien Schwingung des elastischen Systems, und die Lösung[1]) hat die Form:

$$\varepsilon_e = \varepsilon_{e0}\sin\omega_e\,t\,. \tag{17}$$

Differenziert man ε_e zweimal nach t und setzt das Ergebnis in Gl. (16) ein, so erhält man:

$$\omega_e^2 = -\frac{D_L}{J}\,. \tag{18}$$

Die Kreisfrequenz der Eigenschwingungen ist also bei gegebenen mechanischen und elektrischen Werten eine ganz bestimmte feste Größe.

Beispiel. — Schwungmoment des Läufers, des Schwungrades und der bewegten Massen des Dieselmotors zusammen 3100 kgm², Trägheitsmoment J gleich Schwungmoment durch $4\cdot 9{,}81 = 79$ kgms², $\omega_e = \sqrt{\frac{20\,000}{79}} =$ 15,9 s⁻¹, Eigenschwingungszahl des Systems $= 15{,}9/2\,\pi =$ 2,54 Hz.

4. Schwingungsvorgang bei mechanischem Antrieb, aber ohne Netzanschluß.

Der Generator soll vom Netz abgeschaltet sein, dagegen wirke von der Motorseite her das pulsierende Moment $M_1 = M_a$, das nach Größe und zeitlichem Verlauf durch Gl. (1) gegeben ist. Bezeichnet man für diesen Sonderfall die Amplitude des Antriebsmomentes mit A_L, so ist

$$M_a = A_L\sin\omega_a\,t\,. \tag{19}$$

M_c ist wieder gleich 0, ebenso ψ. Im Ersatzbild Abb. 2 denken wir uns die federnde Kupplung zwischen Schwungmasse und rechtem Schwungrad herausgenommen und betrachten die Relativbewegungen zwischen Schwungmasse und linkem Schwungrad. Dabei sollen wieder die Schwungräder stillstehen, und die Schwungmasse soll unter dem

[1]) Bei der Aufstellung und Lösung der Schwingungsgleichungen lieferte die „Technische Schwingungslehre" von Wilhelm Hort, § 1 2. Aufl., Jul. Springer, Berlin 1922, wertvolle Anhaltspunkte. Das behandelte Beispiel ist der Praxis entnommen.

Digitized by Google

Einfluß von M_a um die Ruhelage pendeln. Gl. (13) wird jetzt zu

$$M_a - M_b = 0. \tag{20}$$

Setzt man die Ausdrücke (24) und (5) ein, so erhält man die Bewegungsgleichung

$$A_L \sin \omega_a t - J \frac{d^2 \varepsilon}{d t^2} = 0. \tag{21}$$

Die Lösung der Gleichung muß wieder eine Sinusfunktion sein:

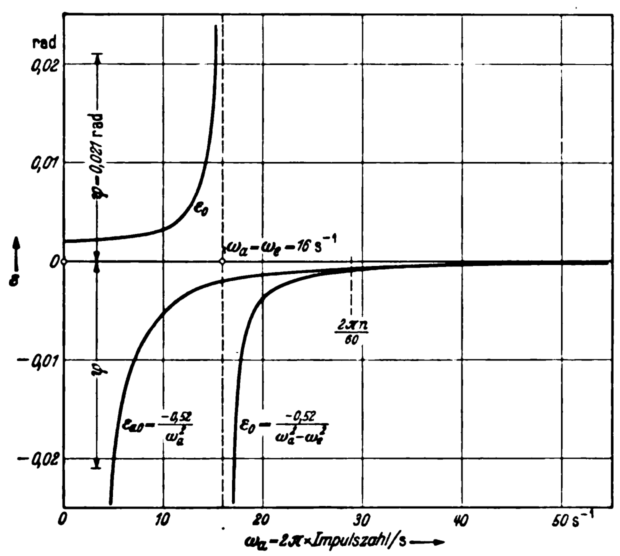
$$\varepsilon_a = \varepsilon_{a0} \sin \omega_a t. \tag{22}$$

Setzt man sie in Gl. (26) ein, so erhält man die Schwingungsamplitude

$$\varepsilon_{a0} = -\frac{A_L}{J \omega_a^2}. \tag{23}$$

Die Schwungmasse pendelt im Takte der Antriebsimpulse, und für jede Impulszahl ergibt sich bei gegebenem Moment ein ganz bestimmter maximaler Ausschlag.

Beispiel. — A_L willkürlich angenommen gleich 1/10 des Drehmoments für Vollast ≈ 40 mkg, $A_L/J = 0{,}52\ \text{s}^{-2}$, Schwingungsamplitude $\varepsilon_{a0}{}^{\text{rad.}} = -0{,}52/\omega_a^2$. Kurve siehe Abb. 3; vergleichsweise ist der Polradausschlagswinkel für Vollast $\psi = 0{,}021$ rad. eingetragen.



ε_{a0} ohne Netzanschluß, ε_0 mit Netzanschluß } bei gleichgroßem Impulsmoment

Abb. 3. Schwingungsamplituden für beliebige Impulsfrequenzen.

Sind in der Momentenkurve der Antriebsmaschine verschiedene Oberschwingungen vorhanden, so sind die mit der kleinsten Frequenz und der größten Amplitude die schädlichsten, weil sie den größten Ausschlag erzeugen.

5. Schwingungsvorgang bei Antrieb und Netzanschluß, aber Leerlauf.

Wiederum ist das konstante Drehmoment M_c und $\psi = 0$. Auf die Schwungmasse wirkt außer dem pulsierenden Moment M_a das federnde Moment M_e der elektrischen Kräfte. Beide als Widerlager dienende Schwungräder laufen gleichmäßig und zueinander synchron mit der Winkelgeschwindigkeit Ω_c. Man kann sie wieder als stillstehend und die Schwungmasse dazwischen als um die Ruhelage pendelnd annehmen. Beide Momente werden nach dem Gesetz Gl. (11) von den Trägheitskräften aufgenommen:

$$M_b = M_a + M_e \tag{24}$$

oder mit aus Gl. (10) und (12) entnommenen Formelgrößen:

$$J \frac{d^2 \varepsilon}{d t^2} - D_L \varepsilon = A_L \sin \omega_a t. \tag{25}$$

Sie ist die Bewegungsgleichung einer periodisch gestörten Schwingung (erzwungenen Schwingung), deren Lösung[2]) lautet:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega_a t. \tag{26}$$

Man erhält also immer Schwingungen von der Frequenz ω_a. Daraus folgt durch Einsetzen von ε und $d^2 \varepsilon / d t^2$ in Gl. (25)

$$\varepsilon_0 = -\frac{A_L}{J \omega_a^2 + D_L}. \tag{27}$$

Damit kann man, wenn für D_L nach Gl. (18) $-\omega_e^2 \cdot J$ gesetzt wird, die Lösung der Differentialgleichung (26) auch schreiben:

$$\varepsilon = -\frac{M_a}{J\left(\omega_a^2 - \omega_e^2\right)}. \tag{28}$$

Man erkennt daraus, daß der Punkt, in dem der Ausschlagwinkel unendlich groß wird, der Resonanz zwischen ω_a und ω_e entspricht. Vergleicht man die Schwingungsausschläge mit und ohne Netzanschluß, indem man Gl. (28) durch (23) dividiert, so erhält man

$$\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_{a0}} = \frac{\omega_a^2}{\omega_a^2 - \omega_e^2}, \tag{29}$$

d. i. die Größe ζ, die in dem Aufsatz von Görges [ETZ 21 (1900) S. 193] Resonanzmodul genannt wird.

Beispiel. — Schwingungsamplitude $\varepsilon_0{}^{\text{rad.}} = \frac{-0{,}52}{\omega_a^2 - \omega_e^2}$. Kurve siehe Abb. 3. Resonanzpunkt bei $\omega_a = \omega_e = 16\ \text{s}^{-1}$ oder 2,55 Hz. Vergleichsweise ist die Winkelgeschwindigkeit des rotierenden Systems $2\pi n/60 = 29\ \text{s}^{-1}$ eingetragen. Man sieht, daß die gefährliche Impulszahl je Sekunde (2,55) nur wenig oberhalb der halben Drehzahl je Sekunde (2,3) liegt. Ein Impuls (alle 0,39 s) kommt auf knapp zwei Umdrehungen (0,43 s). Da die Zylinder des Dieselmotors im Viertakt arbeiten und die Kreisfrequenzen ω_a und ω_e kleinen Änderungen im Betrieb unterworfen sind, ist der Parallelbetrieb mit dem Drehstromnetz tatsächlich im höchsten Maße gefährdet.

6. Schwingungsvorgang bei Belastung des Satzes.

Wird der Generator mit Strom belastet, so bekommt das dem Drehfeld entsprechende Schwungrad (Abb. 2 rechts) eine der Belastung proportionale konstante Nacheilung ψ gegenüber der Schwungmasse, und diese pendelt um die Mittellage η_c mit dem wechselnden Ausschlag ε. In den im vorigen Abschnitt gegebenen Beziehungen für die Schwingungen ändert sich nur das Richtvermögen D_L, an dessen Stelle $D_L \cos p\,\psi = D$ nach Gl. (13) tritt. Die Form der Schaulinien entspricht vollkommen der für den Leerlauffall in Abb. 3 gegebenen Darstellung.

Zusammenfassung.

Nach Feststellung der Grundbegriffe und Beschreibung einer Modellanordnung wird zunächst das Richtvermögen des Generators aus den elektrischen Daten berechnet. Dann werden die Schwingungsgleichungen für drei verschiedene Fälle aufgestellt und ihre Lösungen gegeben, nämlich 1. für die Eigenschwingungen des mit dem Drehstromnetz synchronlaufenden Maschinensatzes, 2. für die rein mechanischen Schwingungen der gesamten Schwungmasse und 3. für die erzwungenen Schwingungen, die unter dem Einflusse der Antriebsimpulse und der elektromagnetischen Kräfte entstehen. Die Schwingungsamplituden sind für die Fälle 2 und 3 über der Kreisfrequenz der Antriebsimpulse als Kurven aufgetragen.

[2]) Wie Fußnote 1, § 13.

Digitized by Google

Prüfung von elektrischen Ventilen mit zwei verschiedenen Stromquellen.

Von Erwin Marx VDE, Braunschweig.

DK 621.314.66.062.001.4

Übersicht. Es wird eine Schaltung zur Untersuchung von zwei in Reihe geschalteten elektrischen Ventilen unter Verwendung von zwei verschiedenen Stromquellen beschrieben. Der zeitliche Verlauf des Hauptstromes und, soweit erforderlich, die Kurve der Prüfspannung entsprechen den Verhältnissen beim praktischen Betrieb, alle wichtigen elektrischen Größen lassen sich bei der Prüfung leicht einstellen und messen. Für Dauerprüfungen wird eine selbsttätige Anzeige von Rückzündungen vorgeschlagen.

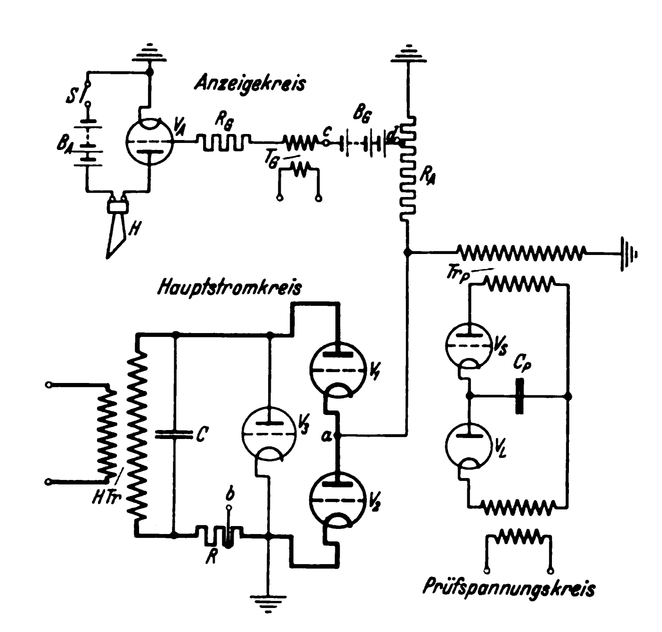
Sehr gern komme ich der Aufforderung der Wissenschaftlichen Leitung der Elektrotechnischen Zeitschrift nach, einen Beitrag für dieses meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Geheimrat G ö r g e s, gewidmete Heft zu liefern. Schon als Assistent an der Technischen Hochschule Dresden habe ich mich unter Anleitung durch Geheimrat Görges mit Umformungsfragen befaßt. Dieses Gebiet ist heute durch die Vervollkommnung der elektrischen Ventile wohl eines der wichtigsten Entwicklungsgebiete der Starkstromtechnik geworden.

In einem früheren Aufsatz habe ich bereits die Prüfung von Lichtbogenlöscheinrichtungen mit einer Ersatzschaltung behandelt. Darin wurde der den Lichtbogen speisende Hauptstrom aus einer „Hauptstromquelle", die nach der Lichtbogenlöschung auftretende Spannung aus einer „Prüfspannungsquelle" entnommen[1]). Die rasche Weiterentwicklung von elektrischen Ventilen, die zu immer größeren Leistungen geführt hat, erhöht die Bedeutung dieses Prüfverfahrens. Es soll deshalb im vorliegenden Aufsatz eine verbesserte und erweiterte Schaltung beschrieben werden, die sich bei der Untersuchung und Entwicklung von Hochleistungsventilen sehr gut bewährt hat[2]).

Eine Ersatzschaltung zur einwandfreien Prüfung von Ventilen muß folgende Bedingungen erfüllen:

1. Der Strom, der in der Brennzeit durch das Ventil fließt (Hauptstrom), muß in seinem Einsatz, zeitlichen Verlauf und Verlöschen dem Strom im praktischen Betriebe gleichen.
2. Die Spannung in der Sperrzeit (Prüfspannung) muß periodisch nach dem Verlöschen des Hauptstromes auftreten; ihre Höhe sowie die Zeitspanne zwischen Nullwerden des Hauptstromes und Auftreten der Prüfspannung muß leicht regelbar sein; der zeitliche Verlauf der Prüfspannung soll dem der Sperrspannung im praktischen Betrieb ähnlich sein.
3. Der Verlauf der Ströme und Spannungen während der Prüfung muß überwachbar und registrierbar sein; Störungen, insbesondere Durchschläge während der Sperrzeit, müssen selbsttätig angezeigt und, wenn nötig, gezählt werden.

Eine Schaltung, mit der diese Forderungen erfüllt werden können, ist in Abb. 1 dargestellt[3]). Der H a u p t s t r o m k r e i s ist stark gezeichnet. Der Transformator *HTr* speist die beiden zu prüfenden Ventile V_1 und V_2. Die Stromstärke dieses Transformators richtet sich danach, welche höchste Stromstärke in den beiden Ventilen erreicht werden soll; die Spannung der Hauptstromquelle muß so hoch sein, daß die beiden Ventile V_1 und V_2 noch sicher gezündet werden können. Der Widerstand R dient zur Einstellung der Hauptstromstärke. Außer den beiden zu prüfenden Ventilen ist ein „A b s c h n e i d e v e n t i l" V_3 vorgesehen, das den Hauptstrom periodisch in einem durch seine Steuerung einstellbaren Zeitpunkt über-



HTr	Haupttransformator	V_1, V_2	zu prüfende Ventile
Tr_p	Prüfspannungs-Transformator	V_3	Abschneideventil

Abb. 1. Prüfschaltung zur Untersuchung zwei in Reihe geschalteter Ventile.

nimmt. Dadurch wird erreicht, daß der Strom in den Ventilen V_1 und V_2 wie im Mehrphasenbetrieb zu einem gegebenen Zeitpunkt kommutiert wird. Das Oszillogramm Abb. 2 zeigt in der Kurve *1* den Verlauf des Hauptstromes in der Prüfschaltung. Der Strom ist eingestellt unter der Annahme, daß die Ventile für eine Dreiphasenschaltung ohne Drosselspule vorgesehen sind. Die Zündung der Hauptventile erfolgt 30 °, die Zündung des Abschneideventils 150 ° nach dem Nulldurchgang des entsprechenden sinusförmigen Wechselstromes. Das Ventil V_3 braucht in diesem Falle nur für den halben Scheitelwert des Hauptstromes bemessen zu sein; der arithmetische Mittelwert des Stromes in diesem Ventil wird recht klein. Die Kurve *2*, Abb. 2, zeigt den Stromverlauf in diesem Ventil. (Nach steilen Strom- und Spannungsänderungen tritt ein Überschwingen der Oszillographenschleifen ein.) An V_3 liegt im Augenblick seiner Zündung der Spannungsabfall der beiden Ventile V_1 und V_2. Wenn diese Spannung nicht ausreicht, um V_3 zum Zünden zu bringen, so kann dieses Ventil an einem Teilpunkt des Widerstandes R, z. B. an b, angeschlossen werden. Es führt dann zwar eine etwas höhere Stromstärke, aber seine Zündung bereitet keine Schwierigkeiten mehr.

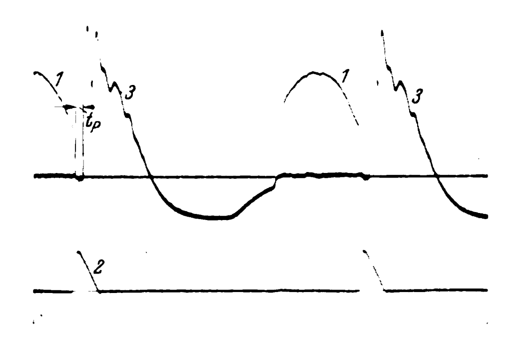
[1]) E. M a r x , ETZ 57 (1936) S. 583; Disk. ETZ 58 (1937) S. 724.

[2]) Die wesentlichen Merkmale dieser verbesserten Prüfschaltung stammen von Friedrich H a u f f e , DRP. 639 782.

[3]) Eine ähnliche Schaltung ist bereits angegeben in: Erwin M a r x : Lichtbogen-Stromrichter für sehr hohe Spannungen und Leistungen, Berlin 1932, Abb. 68. Mit dieser Schaltung waren jedoch Strom- und Spannungsverläufe nicht genügend genau einzustellen, so daß ein zuverlässiges Urteil über die Brauchbarkeit von Ventilen im Mehrphasenbetrieb nicht immer erzielt werden konnte.

Digitized by Google

Der Prüfspannungskreis ist im Punkte a an den Hauptstromkreis angeschlossen. Die Erzeugung der Prüfspannung erfolgt hier dadurch, daß der Kondensator C_P periodisch durch das Schaltrohr V_S (gittergesteuertes Dampfentladungsgefäß) auf die Unterspannungswicklung des Transformators Tr_P geschaltet wird. Nach der Entladung der Kapazität C_P wird diese über ein ungesteuertes Laderohr V_L jeweils wieder aufgeladen[4]). Die dadurch am Punkt a erzeugte Spannung gegen Erde zeigt Kurve *3* in Abb. 2. Ihre Anstiegssteilheit ergibt sich aus den Konstanten des Transformators Tr_P, dem Widerstand R_A und der Kapazität der an den Punkt a angeschlossenen Leitungen gegen Erde. Der Zeitpunkt des Einsetzens der Prüfspannung kann durch einen Drehregler beliebig eingestellt werden, der die Phasenlage der Gitterspannung des Ventils V_S zu verdrehen gestattet. Die Zeit t_P (Abb. 2) zwischen dem Nullwerden des Stromes in den Ventilen V_1 sowie V_2 und dem Beginn des Anstieges



1 Hauptstrom *2* Strom im Abschneideventil (V_2)
3 Prüfspannung

Abb. 2. Oszillogramm der wichtigsten Strom- und Spannungsvorgänge.

der Prüfspannung kann also beliebig gewählt werden, ebenso kann der Scheitelwert der Prüfspannung durch Regeln der Aufladespannung des Kondensators C_P eingestellt werden. Es muß in vielen Fällen Wert darauf gelegt werden, daß die zur Prüfung der Sperrfähigkeit von Ventilen benutzte Spannung während eines erheblichen Teiles der Sperrzeit einen hohen Wert behält. Rückzündungen in einem Ventil sind nicht nur kurze Zeit nach dem Verlöschen des Hauptstromes, sondern auch einige Zeit später möglich[5]).

Wenn es, insbesondere bei der Prüfung von Ventilen mit sehr hoher Sperrfähigkeit, erforderlich erscheint, die Prüfspannung mit einem praktisch senkrechten Anstieg zu versehen und sie während der gesamten Sperrzeit auf annähernd ihrer vollen Höhe zu erhalten, dann kann hierzu zwischen den Transformator Tr_P und den Punkt a eine Funkenstrecke eingeschaltet werden. Die Funkenstrecke wird mit Elektroden von stark verschiedenem Krümmungsradius versehen, so daß ihre Überschlagspannung von der Polarität abhängig wird. Es werden dadurch Rückschläge an ihr vermieden. Außerdem muß diese Funkenstrecke mit einem Luftstrahl angeblasen und zur Erzielung eines exakten Ansprechzeitpunktes vorionisiert werden[6]). Zwischen den beiden Elektroden dieser Funkenstrecke und der Erde werden Kapazitäten angeordnet. Diese zusätzliche Funkenstrecke wird in ihrem Abstand so eingestellt, daß sie jedesmal anspricht, wenn die Spannung des Transformators Tr_P annähernd ihren Scheitelwert erreicht hat. Die Kapazität zwischen dem Punkt a und Erde wird dann stoßweise aufgeladen; der Aufladefunke verlischt nach sehr kurzer Zeit wieder. Die Spannung zwischen a und Erde bleibt, wenn keine Rückzündung in den Hauptventilen eintritt, annähernd erhalten, bis die Ladung des zugehörigen Kondensators durch die Zündung der Ventile V_1 und V_2 abgeführt wird.

Wenn die Prüfspannung am Punkt a im positiven Sinne angelegt wird, dann wird die Kathode des Ventils V_1 während der Sperrzeit positiv gegenüber seiner Anode. Dieses Ventil wird also ebenso beansprucht, wie es im Gleichrichterbetrieb der Fall ist: die Sperrspannung hat umgekehrte Polarität wie die Spannung in der Durchlaßrichtung. Das Ventil V_1 braucht kein gesteuertes Ventil zu sein. Am Ventil V_2 dagegen tritt die Sperrspannung in gleichem Sinne wie die Durchschlagspannung auf. Die Verhältnisse an V_2 entsprechen denen beim Wechselrichterbetrieb.

Wenn im Ventil V_1 eine Rückzündung auftritt, entsteht eine Überspannung am Haupttransformator. Um ihn zu schützen, ist die Kapazität C zu ihm parallel geschaltet.

Die zur Messung der auftretenden Ströme und Spannungen zu benutzenden anzeigenden oder schreibenden Meßgeräte sowie Oszillographen sind in das Schaltbild Abb. 1 nicht eingezeichnet, da diese den bei der üblichen Hochstromprüfung angewandten Meßeinrichtungen entsprechen. Zur Ermittlung der für die Untersuchung von Ventilen besonders wichtigen Zeit t_P (Abb. 2) benutzt man am besten ein Braunsches Rohr mit hoher Spannung am Zeitablenkkreis. Nimmt man damit einmal den Ventilhauptstrom in der Nähe des Nullwerdens und dann das Einsetzen der Prüfspannung auf, so kann man den Zeitunterschied zwischen diesen beiden Vorgängen bis herab zu Bruchteilen eines elektrischen Grades messen und während des Betriebes überwachen. Aus dem Bild des Prüfspannungsverlaufes im Braunschen Rohr kann man außerdem das Auftreten von Rückzündungen in einem der Ventile erkennen.

Insbesondere bei Dauerversuchen ist außerdem eine selbsttätige Anzeige von Durchschlägen in den Ventilen erforderlich. Hierfür hat sich der folgende Weg bewährt (s. Abb. 1, Anzeigekreis). Zwischen Punkt a und Erde wird ein hoher Widerstand R_A angeordnet, an dem ein Abgriff d angebracht ist. An diesem Abgriff ist die Batterie B_G, der eine spitze Spannungskurve erzeugende Gittertransformator T_G und der Gitterwiderstand R_G angeschlossen. An R_G liegt das Gitter des Ventilrohres V_A. Der Anodenkreis dieses Ventils wird durch die Batterie B_A gespeist. In ihm liegt das Signalhorn H und der Schalter S. Zwischen Gitter und Kathode des Ventils V_A (gittergesteuertes Dampfentladungsgefäß) liegt eine Spannung, die sich aus drei Teilspannungen zusammensetzt. Die Spannung von d gegen Erde hat denselben Verlauf wie die Prüfspannung (Kurve *3*, Abb. 2). Die Batterie B_G ist so gewählt, daß das Gitter im normalen Betrieb stets negativ gegenüber der Kathode bleibt. Der Punkt c im Anzeigekreis erhält also einen Spannungsverlauf gegen Erde, der sich aus einer negativen Gleichspannung und einer darüber gelagerten Wechselspannung zusammensetzt. In der Zeit, in der das Wechselspannungsglied an c negativ ist, erzeugt der Transformator T_G eine positive Spannungsspitze. Diese wird so groß gemacht, daß sie normalerweise das Gitter von V_A noch nicht positiv gegenüber seiner Kathode macht. Wenn jedoch an einem der Haupt-Ventile V_1 oder V_2 ein Durchschlag eintritt, dann verschwindet während dieser Sperrzeit die Spannung zwischen a und Erde und damit auch zwischen d und Erde fast völlig. Dadurch wird das Potential des Gitters von V_A angehoben, dieses Ventil zündet und das Signalhorn H ertönt so lange, bis der Schalter S geöffnet wird. Die Verwendung eines akustischen Signals für den vor-

[4]) Dieses Laderohr wurde von Hans Dreyer vorgeschlagen.

[5]) Bei der in ETZ 57 (1936) S. 584, Abb. 2 dargestellten Schaltung, bei der ein einzelnes Ventil mit einer Ersatzschaltung geprüft wird, ist nur ein kurzzeitiges Anlegen der Prüfspannung möglich. Die Prüfspannung muß dort von den im Hauptstromkreise liegenden Widerständen aufgenommen werden.

[6]) Hierzu haben sich Lumitra-Quarzstrahler bewährt.

Digitized by Google

liegenden Zweck empfiehlt sich, weil dadurch der die Prüfung Durchführende nicht an einen bestimmten Platz gebunden ist[7]).

Es ist klar, daß der **Energiebedarf** und die **Beschaffungskosten** von Prüfanlagen dieser Art nur einen geringen Bruchteil von Prüfanlagen betragen, die für die volle Durchgangsleistung der Ventile bemessen sind. Die Ersparnis wird im allgemeinen prozentual um so größer, je größer die Sperrfähigkeit der zu prüfenden Ventile ist. Es ist deshalb anzunehmen, daß in Zukunft solche Ersatzprüfschaltungen immer mehr an Bedeutung gewinnen werden.

Für die Entwicklung und Untersuchung dieser Prüfschaltung stellten der Reichsforschungsrat und die Deutsche Forschungsgemeinschaft dankenswerter Weise Mittel zur Verfügung. Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft förderte ebenfalls diese Arbeiten; ich danke ihr dafür.

7) Die Entwicklung und Erprobung dieser Anzeigeschaltung erfolgte durch Eugen Hubel, Karl Blömeke und Rudolf Kühne.

Zusammenfassung.

Es wird eine Schaltung beschrieben, die sich bei der Prüfung von elektrischen Ventilen gut bewährt hat und die geeignet erscheint, insbesondere die Entwicklung von Ventilen für große Leistungen und hohe Spannungen stark zu fördern. Die Beanspruchung der Ventile bei der Prüfung entspricht in allen wesentlichen Punkten der beim praktischen Mehrphasenbetrieb. Die Anschaffungskosten und Betriebskosten sind dabei sehr viel geringer als bei Prüfung der Ventile mit voller Leistung.

Über den Verzerrungsgrad des Zweiphasen-Dreileitersystems.

Von G. Hauffe VDE, Berlin.

DK 621.3.018.7 : 621.3.025.2

Übersicht. Der Verzerrungsgrad des Zweiphasen-Dreileitersystems wird definiert. Ferner wird eine Kurvenschar mitgeteilt, die den Verzerrungsgrad in Prozenten abzugreifen gestattet als Funktion zweier Verhältniswerte der drei ohne weiteres meßbaren Spannungen des Zweiphasen-Dreileitersystems. Die Kurvenschar liefert gleichzeitig die nacheilende Phasenverschiebung ε der Spannung $\mathfrak{U}_g$ des gegenläufigen unverzerrten Systems gegenüber der Spannung $\mathfrak{U}_m$ des mitläufigen unverzerrten Systems. Endlich wird kurz darauf hingewiesen, daß die Kurven gleichen Verzerrungsgrades Quartiken sind.

Ein Mehrphasensystem heißt bekanntlich symmetrisch, wenn alle — Phasen- oder verketteten — Spannungen gleich groß sind und jede der vorhergehenden um den gleichen Phasenwinkel folgt. Ein solches Mehrphasensystem heißt balanciert, wenn es gleichmäßig belastet ist. Die Summenleistung ist dann in jedem Augenblick konstant.

Das **Zweiphasen-Dreileitersystem** ist ein unsymmetrisches Mehrphasensystem. Im Normalfall besitzt es zwei größenmäßig übereinstimmende Phasenspannungen, von denen die eine der anderen um 90 elektrische Grade nacheilt. Liegen diese Normalverhältnisse nicht vor, so kann von einem unsymmetrischen Zweiphasen-Dreileitersystem eben deswegen nicht gesprochen werden, weil schon das normale Zweiphasen-Dreileitersystem ein unsymmetrisches Mehrphasensystem ist. Das normale Zweiphasen-Dreileitersystem wird deshalb zweckmäßig als das unverzerrte bezeichnet im Gegensatz zu dem verzerrten. Dieses ist nun bekanntlich zerlegbar in zwei gegenläufige unverzerrte Zweiphasensysteme, von denen dasjenige mit der größeren Amplitude die Phasenfolge des verzerrten Zweiphasen-Dreileitersystems besitzt.

Es seien $\mathfrak{U}_{01}$ die eine, $\mathfrak{U}_{02}$ die andere Phasenspannung eines verzerrten Zweiphasen-Dreileitersystems, $\mathfrak{U}_{12}$ die verkettete Spannung. $\mathfrak{U}_{01}$ eile $\mathfrak{U}_{02}$ vor. Es soll die **Aufgabe** gelöst werden, aus den Verhältniswerten

$$a = \frac{U_{01}}{U_{12}} \text{ und } b = \frac{U_{02}}{U_{12}}$$

den Verzerrungsgrad, also das Verhältnis

$$q = \frac{\text{Amplitude des gegenläufigen unverzerrten Systems}}{\text{Amplitude des mitläufigen unverzerrten Systems}}$$

zu ermitteln und graphisch darzustellen. Die Lösung gelingt an Hand der Abb. 1. In dieser bedeutet U_m die Amplitude des mitläufigen unverzerrten Zweiphasensystems, U_g die Amplitude des gegenläufigen unverzerrten Zweiphasensystems und ε die (willkürlich angenommene) Nacheilung der Spannung $\mathfrak{U}_g$ gegenüber der Spannung $\mathfrak{U}_m$. In symbolischer Darstellung gelten die Gleichungen

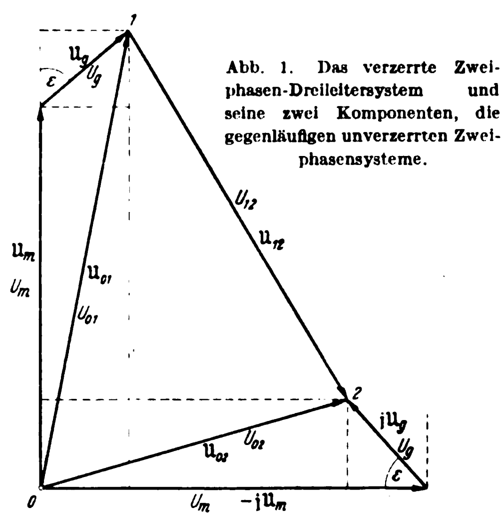


Abb. 1. Das verzerrte Zweiphasen-Dreileitersystem und seine zwei Komponenten, die gegenläufigen unverzerrten Zweiphasensysteme.

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{U}_{01} &= \mathfrak{U}_m + \mathfrak{U}_g, \\ \mathfrak{U}_{02} &= -j\,\mathfrak{U}_m + j\,\mathfrak{U}_g. \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Aus Abb. 1 ist nun unter zweimaliger Anwendung des cos-Satzes ohne weiteres abzulesen

$$\begin{aligned} U_{01}^2 &= U_m^2 + U_g^2 - 2\,U_m\,U_g \cos(180° - \varepsilon) \\ &= U_m^2 + U_g^2 + 2\,U_m\,U_g \cos\varepsilon, \end{aligned} \quad (2)$$

$$U_{02}^2 = U_m^2 + U_g^2 - 2\,U_m\,U_g \cos\varepsilon. \quad (3)$$

Digitized by Google

Ferner ergibt sich mit Hilfe des pythagoräischen Lehrsatzes auf Grund der in Abb. 1 eingezeichneten Hilfslinien

$$\begin{aligned} U_{12}^2 &= (U_m - U_g \cos \varepsilon - U_g \sin \varepsilon)^2 \\ &\quad + (U_m + U_g \cos \varepsilon - U_g \sin \varepsilon)^2 \\ &= 2\left(U_m^2 - 2\, U_m\, U_g \sin \varepsilon + U_g^2\right). \end{aligned} \tag{4}$$

Damit lassen sich die analytischen Ausdrücke für die obengenannten Verhältniswerte a und b sofort anschreiben:

$$a^2 = \left(\frac{U_{01}}{U_{12}}\right)^2 = \frac{U_m^2 + 2\, U_m\, U_g \cos \varepsilon + U_g^2}{2\left(U_m^2 - 2\, U_m\, U_g \sin \varepsilon + U_g^2\right)},$$

$$b^2 = \left(\frac{U_{02}}{U_{12}}\right)^2 = \frac{U_m^2 - 2\, U_m\, U_g \cos \varepsilon + U_g^2}{2\left(U_m^2 - 2\, U_m\, U_g \sin \varepsilon + U_g^2\right)}.$$

Führt man noch den Verzerrungsgrad

$$q = \frac{U_g}{U_m}$$

ein, so wird

$$\left.\begin{aligned} a &= \sqrt{\frac{1 + 2\, q \cos \varepsilon + q^2}{2\,(1 - 2\, q \sin \varepsilon + q^2)}}, \\ b &= \sqrt{\frac{1 - 2\, q \cos \varepsilon + q^2}{2\,(1 - 2\, q \sin \varepsilon + q^2)}}. \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

Die Gl. (5) sind eine Parameterdarstellung für die Spannungsverhältniswerte a und b. Parameter sind der Verzerrungsgrad q und die nacheilende Phasenverschiebung ε der Spannung $\mathfrak{U}_g$ gegenüber der Spannung $\mathfrak{U}_m$. Jeder Parameterwert $q =$ konst. ergibt, wenn der Winkel ε alle möglichen Werte zwischen 0° und 360° durchläuft, zusammengehörige Werte a und b, die auf einer in sich geschlossenen Kurve liegen, an die in den jeweils in Frage kommenden Punkten der Parameterwert ε angeschrieben werden könnte. Abb. 2 zeigt fünf solcher Kurven für die Verzerrungsgrade $q = 0{,}01$ bis $0{,}05$. Ebenso ergibt jeder Parameterwert $\varepsilon =$ konst., wenn der Verzerrungsgrad q als veränderlich angenommen wird, zusammengehörige Werte a und b, die auf einer Kurve liegen, an die ebenfalls in den jeweils in Frage kommenden Punkten der Parameterwert q angeschrieben werden könnte, und die die erstgenannten Kurven $q =$ konst. durchsetzt (Trajektorie). Abb. 2 zeigt zwölf solcher Trajektorien für die Parameterwerte $\varepsilon = 0°, 30°, 60°, \ldots\ldots 330°$.

Eine zahlenmäßige Rechnung erweist, daß es im Bereich kleiner Verzerrungsgrade ($q = 0{,}01$ bis $0{,}05$) ohne weiteres zulässig ist, in den Gl. (5) q^2 gegen 1 zu vernachlässigen. Dann ergeben sich die rechnerisch leichter auswertbaren Näherungsgleichungen

$$\left.\begin{aligned} a &\approx \sqrt{\frac{1 + 2\, q \cos \varepsilon}{2\,(1 - 2\, q \sin \varepsilon)}}, \\ b &\approx \sqrt{\frac{1 - 2\, q \cos \varepsilon}{2\,(1 - 2\, q \sin \varepsilon)}}, \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

die auch dem Entwurf der Abb. 2 zugrunde gelegt sind. Der praktische Gebrauch dieser Abbildung ist sehr einfach und gestaltet sich folgendermaßen: Die drei Spannungen U_{01}, U_{02} und U_{12} werden gemessen, die Verhältniswerte $a = U_{01}/U_{12}$ und $b = U_{02}/U_{12}$ errechnet. Den Werten a und b als Koordinaten entspricht ein Punkt der Abb. 2, sofern der Verzerrungsgrad nicht größer als 5 % ist. Der genaue Wert des Verzerrungsgrades und ebenso die Phasennacheilung ε der Spannung $\mathfrak{U}_g$ gegenüber der Spannung $\mathfrak{U}_m$ lassen sich mit hinreichender Genauigkeit interpolieren.

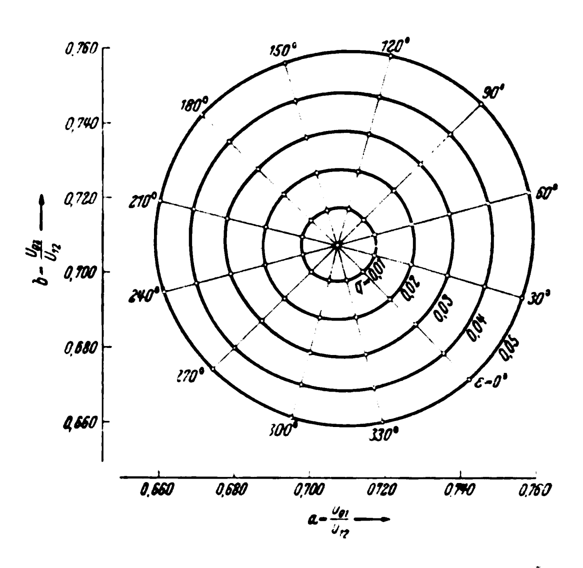


Abb. 2. Die Kurven gleichen Verzerrungsgrades ($q = 0{,}01$ bis $0{,}05$) des verzerrten Zweiphasen-Dreileitersystems.

Im vorliegenden Fall ist es verhältnismäßig einfach, aus den genauen Gl. (5) den analytischen Ausdruck der Kurven gleichen Verzerrungsgrades durch Elimination des Parameters ε zu ermitteln, etwa in der Form

$$F\,(a,\, b,\, q) = 0.$$

Die Untersuchung lehrt, daß die Kurven gleichen Verzerrungsgrades Kurven 4. Ordnung, also Quartiken, sind.

Zusammenfassung.

Das unverzerrte Zweiphasen-Dreileitersystem ist ein unsymmetrisches Mehrphasensystem. Das verzerrte Zweiphasen-Dreileitersystem ist zerlegbar in zwei gegenläufige unverzerrte Zweiphasensysteme. Aus der Amplitude U_g des gegenläufigen und der Amplitude U_m des mitläufigen unverzerrten Systems ergibt sich der Verzerrungsgrad $q = U_g/U_m$. Dieser ist eine eindeutige Funktion der Spannungsverhältniswerte $a = \frac{U_{01}}{U_{12}}$ und $b = \frac{U_{02}}{U_{12}}$. U_{01} und U_{02} sind die Phasenspannungen, U_{12} ist die verkettete Spannung des verzerrten Zweiphasen-Dreileitersystems. Ändert sich bei konstanter Verzerrung die Phasenverschiebung ε zwischen den Spannungen $\mathfrak{U}_m$ und $\mathfrak{U}_g$, so ergeben sich in Abhängigkeit von ε als Kurven gleichen Verzerrungsgrades Quartiken. Fünf solcher Kurven 4. Ordnung für die Werte $q = 0{,}01$ bis $0{,}05$ werden entworfen und gestatten auf einfache Weise die Ermittlung der Werte q und ε aus den Spannungsverhältniswerten a und b.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Nordhessen, Kassel. 25. 9. (Mo), 20[00], Hess. Landesmuseum: „Farbenphotographie". Prof. Dr. Thiem.

Lichttechnischer Sonderlehrgang. Die in H. 34 d. J., S. 1030, angekündigten Lehrgänge (18. bis 23. 9. bzw. 2. bis 7. 10.) werden verschoben. Der neue Zeitpunkt wird rechtzeitig bekanntgegeben werden.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.319.4 : 621.39

Der Kondensator in der Fernmeldetechnik. Von Dr.-Ing. G. Straimer. (Physik und Technik der Gegenwart. Bd. VI. Herausg. von Prof. Dr. H. Faßbender.) Mit 267 Abb., X u. 229 S. im Format 150×225 mm. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1939. Preis geh. 13,50 RM, geb. 15 RM.

Mit dem Buch erfüllt der Verfasser einen in Verbraucherkreisen oft geäußerten Wunsch nach einem Nachschlagewerk, das es ermöglicht, sich schnell über die wichtigsten Eigenarten eines bestimmten Kondensators oder ganz allgemein über Kondensatoren zu unterrichten. Es erhält, über die rein praktische Unterrichtungsmöglichkeit hinausgehend, auch Wert für den auf diesem Gebiet Forschenden dadurch, daß es alle Besprechungen an Hand der im Schrifttum erschienenen Veröffentlichungen mit reichem Kurvenmaterial vornimmt und außerdem eine sehr umfangreiche Zusammenstellung dieses Schrifttums bringt.

Das in drei Hauptteile eingeteilte Buch gibt einen Überblick über die dem Kondensatorenbau der Fernmeldetechnik zugrunde liegenden theoretischen, werkstoffkundlichen und konstruktiven Gesichtspunkte, ausgenommen sind bewußt Kondensatoren der Meß- und Starkstrom-Technik. Der erste Teil behandelt die Grundgleichungen des elektrischen Feldes und weiter in drei Kapiteln die allgemeinen Kapazitätsgleichungen sowie die der Erdkapazität und der Kapazität zwischen Elektroden. In zwei Kapiteln werden eingehend die Probleme der Einfach- und Mehrfach-Drehkondensatoren mathematisch besprochen. Weiterhin enthält der erste Teil mit Wechselspannung belastete Kondensatoren; außer den Beziehungen für die verschiedenen Kombinationen mit Widerständen werden die Theorien für die Entstehung der dielektrischen Verluste gestreift und Schaltvorgänge behandelt.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit den Haupteigenschaften gasförmiger, flüssiger und fester Isolierstoffe, dem Durchschlag der Isolation, der Funkenspannung in Abhängigkeit von Druck, Feuchtigkeit und Temperatur. Unter den festen Dielektriken werden die verschiedenen keramischen Werkstoffe hinsichtlich ihrer Herstellung sowie an Hand reichhaltigen Kurvenmaterials die elektrischen Eigenschaften einer eingehenden Betrachtung unterzogen. Weiterhin behandelt werden Glas, Quarz, Glimmer, organische Kunststoffe in übersichtlichen kurzen Absätzen, Zellulose und deren Derivate, Polymerisate der Akrylsäure usw.

Ein besonderes Kapitel ist dem für den Bau von Papierkondensatoren wichtigsten Stoff, dem Kondensatorpapier, gewidmet.

Als heute ebenfalls wichtiges Bauelement der Fernmelde-Technik wird ein Überblick über die physikalischen Eigenschaften des Elektrolytkondensators gebracht.

Der dritte Teil bringt an Hand zahlreicher Werkaufnahmen einen Überblick über ausgeführte Fernmelde-Kondensatoren und deren Herstellung, soweit dies zur allgemeinen Unterrichtung erforderlich ist. Vervollständigt wird dieses Kapitel durch die Behandlung von Störschutz-Kondensatoren für das Kurz- und Ultrakurzwellen-Gebiet mit Schaltungs- und Entstörungsbeispielen.

G. Nauk.

DK 518.3

Praktische Nomographie. Entwerfen von Netztafeln. Nomogramme für beliebig viele Veränderliche mit Hilfe der Leitlinie. Praktische Beispiele. Von H. Diercks und H. Euler. Mit 27 Abb. u. 74 S. im Format C 5. Verlag Stahleisen m.b.H., Düsseldorf 1939. Preis kart. 5 RM.

Bekanntlich lassen sich die vier Grundrechnungsarten auch graphisch mit Hilfe von Netztafeln durchführen. Für die Summe $z = x + y$ braucht man in einem xz-Koordinatensystem eine Schar paralleler y-Geraden (Parallelentafel), die nach ihren Abschnitten y auf der z-Achse beziffert sind. Das Produkt $z = x \cdot y$ erfordert eine Schar von y-Geraden durch den Nullpunkt (Strahlentafel), deren Bezifferung nach den Steigungsmaßen y fortschreitet. Addiert oder multipliziert wird dadurch, daß man von x als Abszisse senkrecht zur Geraden mit dem gewünschten y geht und dann z als Ordinate abliest. In umgekehrter Richtung subtrahiert oder dividiert man, weil $x = z - y$ oder $x = z/y$ ist.

Will man das Ergebnis z waagerecht statt senkrecht haben, etwa als Ausgangswert einer weiter anschließenden graphischen Rechnung, so benützt man die Gerade $z = x$, welche Ordinaten in Abszissen zu verwandeln gestattet. Sie ermöglicht auch umgekehrt das Senkrechtstellen eines waagerechten Ergebnisses x.

Beliebige Funktionen lassen sich in den Rechnungsgang mit Hilfe ihrer Kurvendarstellung eingliedern. Für $e^x y$ z. B. liest man e^x an einer Exponentialkurve als Ordinate zu x ab, verwandelt es mit der Geraden $z = x$ in eine Abszisse und schließt in einer Strahlentafel die Multiplikation mit y an.

Das vorliegende Buch empfiehlt diese geläufigen Gedanken zur Herstellung gezeichneter Rechentafeln. Es ergibt sich ein klarer und folgerichtiger Aufbau. Bei verwickelten, auf anderem Wege teilweise schwer zu beherrschenden Zusammenhängen mit vielen Veränderlichen ist lediglich Aneinanderreihung notwendig. Allerdings bleibt die Zweckmäßigkeit der Resultate hinter der Einfachheit der Prinzipien zurück: wie bei allen Netztafeln tritt ziemliches Liniengewirr auf; die Bezifferung steht oft vom Ort der Ablesung entfernt; das Einschalten von Zwischenwerten ist nicht leicht; die geknickten Ableselinien aus waagerechten und senkrechten Stücken erfordern viel Aufmerksamkeit.

Das Werk ist durchaus elementar geschrieben. Die einfachen Grundgedanken könnten noch stärker hervortreten. Der Titel darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß nur ein ganz kleiner Ausschnitt aus der Nomographie behandelt wird, allerdings in ansprechender Form. Die Unterscheidung von „Diagramm" und „Nomogramm" erscheint unklar und ungünstig. Den Leitertafeln wird das Buch nicht gerecht. Die Benennung der Spiegel-Geraden $z = x$ als „Leitlinie" ist nicht glücklich, auch wird ihre Wichtigkeit überbetont. Wertvoll sind zwölf der Praxis entnommene Beispiele (aus der Elektrotechnik: Dimensionierung bei Drehstrommotoren, Gewicht eines Kerntransformators oder Joches; sonst meist aus der Wärmetechnik und Betriebslehre).

A. Walther.

DK 678.1/.7 : 621.315.616.5/.7

Kautschuk-Fibel. Einführung in die Chemie und Technologie der natürlichen und synthetischen Kautschukarten. Von Dr. St. Reiner. Mit 24 Abb., 2 Tabellen u. 91 S. im Format 125×185 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin Roth & Co., 1939. Preis kart. 3,50 RM.

Der Verfasser dieses Büchleins wendet sich vornehmlich an alle diejenigen, die beruflich mit dem Kautschuk zu tun haben und über dessen Wesen und Verarbeitung orientiert sein müssen, ohne eingehendere Fachkenntnisse zu besitzen. In allgemein verständlicher Form wird die Chemie und Technologie des wichtigen Werkstoffes Kautschuk umrissen, wobei auch der deutsche Kautschuk Buna entsprechend seiner ständig wachsenden Bedeutung, sowie auch die kautschukähnlichen synthetischen Hochpolymere Perduren, Thiokol, Igelite, Oppanole und Polyacrylate berücksichtigt sind.

Digitized by Google

Die vorliegende „Fibel" ist in ihrem Aufbau geschickt zusammengestellt und wird sicherlich von den dem schwierigen Gebiet des Kautschuks Fernerstehenden als erste Einführung begrüßt werden. Durch die unterhaltende Darstellung und die anschaulichen Abbildungen wird es dem Leser leicht gemacht, sich auf diesem überaus schwierigen Gebiet gewisse, für ihn erforderliche Grundkenntnisse anzueignen. P. Nowak VDE.

DK 620.17 : 621.315.616.96

Mechanische Festigkeit von Phenol-Formaldehyd-Kunststoffen. Von Prof. Dr. A. Thum und Dr.-Ing. H.-R. Jacobi. VDI-Forschungsheft 396. Mit 136 Abb., 8 Zahlentafeln u. 39 S. im Format A 4. Preis geh. 5 RM.

Bei der großen Bedeutung, die heute den Kunststoffen zukommt, ist es sehr zu begrüßen, daß von einer wichtigen Gruppe dieser Stoffe die Festigkeitseigenschaften eingehend untersucht wurden. In der vorliegenden Abhandlung, die der an zweiter Stelle genannte Verfasser bei der Technischen Hochschule Darmstadt als Dissertation einreichte, wird über Untersuchungen an 12 Phenol-Formaldehyd-Kunststoffen, die sich durch verschiedene Harzträger unterscheiden, berichtet. Es wurde die Dauerstand-, Dauerzug-, Dauerbiege- und Dauerverdrehfestigkeit gemessen; die Ergebnisse sind in der Abhandlung sehr übersichtlich durch Wöhlerkurven, Laufkurven (Spannung als Funktion der Lastwechselanzahl bei gleichbleibender Verformung) und Abbildungen von charakteristischen Bruchflächen dargestellt. Die Versuche ergaben, daß die Kunstharzpreßstoffe mit langfaserigen Harzträgern eine größere Wechselfestigkeit besitzen als die regellos verpreßten Stoffe. Zur Untersuchung der Kerbempfindlichkeit wurden Probestäbe mit einer Bohrung von 5 mm Durchmesser versehen; die größte Kerbempfindlichkeit zeigten die spröden Typen und das Preßharz, die geringste Kerbempfindlichkeit die Preßstoffe mit sehr inhomogenem Gefüge. Die Wechselfestigkeit der durchbohrten Stäbe konnte merklich vergrößert werden, wenn die Bohrungsränder mit einem Formstempel gedrückt wurden. Ein Hochtrainieren der Kunststoffe konnte bei den Dauerversuchen nicht festgestellt werden.

Ferner wurde das Kriechen der Phenol-Formaldehyd-Kunststoffe beim Zug- und Kugeldruckversuch nach der Belastung und nach der Entlastung und die Abhängigkeit der Formänderungsgeschwindigkeit von der Größe der Belastung beobachtet. Biegeversuche an Flachstäben zeigten, daß das Elastizitätsmaß von gefüllten Preßstoffen größer ist als das vom reinen Harz.

Im letzten Abschnitt wird über Versuche an Kunststoffen mit Stahldrahtbewehrung berichtet, die Dauerbiegefestigkeit konnte durch die Bewehrung erheblich gesteigert werden, die Dauerverdrehfestigkeit allerdings nicht; die Verankerung der Drähte im Kunststoff macht erhebliche Schwierigkeiten.

Abschließend kann gesagt werden, daß das neue VDI-Forschungsheft, das auch wieder in der bekannten guten Ausstattung erscheint, sowohl für den Hersteller von Kunststoffen wie für den Verbraucher eine Fülle von wertvollen Angaben enthält. H. A. Ristau.

DK 621–5

Unmittelbare Regelung. Grundlagen und Anwendung auf die Regelung von Drehzahl, Temperatur, Druck und Menge. Von Dr.-Ing. habil. Walter Schmidt. Mit 50 Abb., XI u. 114 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis kart. 12 RM.

Die Aufgabenstellung des Buches ist im Verhältnis zu seinem geringen Umfang von 114 Seiten groß angelegt: In diesem engen Rahmen soll die gesamte, umfangreiche Regeltechnik dem Leser anschaulich und — in einem geschickterweise gesonderten Abschnitt — rechnerisch nahegebracht werden, und zwar dadurch, daß aus der Fülle der Einzelerscheinungen an Reglern das für alle Regler Gemeinsame herausgegriffen und einheitlich gestaltet wird. Zweifellos bedeutet die gelungene Lösung dieser Aufgabe für den Lernenden einen Vorteil.

Der wesentliche Wert des Buches ist aber in dem Versuch zu sehen, die Vielheit und Vielfalt der Begriffe, die sich mit wachsender Verwendung der Regler in jüngerer Zeit herausgebildet hat und die vom Regelfachmann als lästig empfunden wird, durch Rückführung auf wenige klare Grundgedanken zu vermindern und zu entwirren. Diesen Versuch wird jeder Regelfachmann begrüßen. Ob dieser Versuch gelungen ist, ob es z. B. belanglos ist, wenn im Rahmen dieser Grundgedanken das Gebiet der Mischregelung unerwähnt bleibt, wird die Zukunft lehren.

Das kleine Buch zeichnet sich aus durch eine Einleitung mit betonter Zielsetzung, durch die klare Unterteilung des Stoffes, die saubere Ausführung von Bild und Text und die sorgfältige Ausarbeitung von Bemerkungen, Schrifttum- und Sachverzeichnis. Gewinnend ist auch die knappe, schlichte Sprache, die offensichtlich vom Verfasser beherrscht wird.

Insgesamt bietet das Buch einen wertvollen Beitrag zum Schrifttum der Regeltechnik. Bruno Schmidt.

DK 621.315.668.1.004.5

Holzschutz gegen Holzpilze, tierische Schädlinge und Feuer. Jahresbericht 1938. Von Ing. W. Kinberg. Mit 57 S. Maschinenschrift, Format 225 × 280 mm. Bezug durch den Verf. Ing. W. Kinberg, Stockholm-Vendelsö (Schweden) 1939. Preis 15 Schwed. Kr.

Das Werkchen ist kein Lehrbuch, sondern eine Zusammenstellung der im vergangenen Jahr erschienenen Aufsätze und sonstigen Veröffentlichungen auf dem Gebiete des Holzschutzes. Eine knappe, stichwortartige Inhaltsangabe setzt den Leser in den Stand zu entscheiden, ob die betreffende Arbeit für ihn von Wert sein kann. Weitgehende systematische Gliederung des gesamten Stoffes ermöglicht ihm ferner ein bequemes Aufsuchen aller auf einem bestimmten Teilgebiet erschienenen Neuerungen; weiterhin kann er aus dem Verfasserverzeichnis bestimmte Arbeiten ohne Zeitverlust herausfinden.

Die Jahresberichte dürften in erster Linie für den Holztränkungstechniker, darüber hinaus für den Holzfachmann allgemein und für alle, die mit dem Holz als Baustoff zu tun haben (Freileitungsingenieure, Eisenbahn- und Grubentechniker, Hochbauingenieure usw.), insofern von großem Werte sein, als ihnen durch sie die Anschaffung und das Durchstudieren eines umfangreichen Schrifttums erspart wird und sie sich gleichwohl über alle Neuerscheinungen auf ihrem Arbeitsgebiete mühelos auf dem laufenden halten können. K. Winnig.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Korrosion VII. Bericht über die Korrosionstagung 1938 am 15. Nov. 1938 in Berlin, veranstaltet von der Arbeitsgemeinschaft auf dem Gebiete der Korrosion und des Korrosionsschutzes im NSBDT. Mit 45 Abb. u. 85 S. im Format A 5. VDI-Verlag G.m.b.H., Berlin 1939. Preis kart. 6 RM.

[Der vorliegende Bericht enthält in gekürzter Form die auf der vorjährigen Korrosionstagung gehaltenen Vorträge, die dem Gebiet der Regel-, Meß- und Absperrorgane entnommen waren. Die ETZ hat bereits in Heft 3 dieses Jahrgangs auf Seite 82 einen Bericht über die Tagung gebracht, in welchem auf die den Elektrotechniker interessierenden Vorträge näher eingegangen ist.]

Berichtigung.

In meinem Aufsatz „Das Anlaufmoment eines Einphaseninduktionsmotors mit ungleicher Verteilung von Haupt- und Hilfsphase" in der ETZ 60 (1939) Heft 36 muß auf Seite 1065, rechte Spalte oben, 8. Zeile der Satz wie folgt lauten: „Die bisher abgeleiteten Drehmomentformeln gelten unter der Annahme, daß die Sekundärströme in beiden Wicklungen den Primärströmen ungefähr phasengleich sind."

Tom Schmitz VDE.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Prof. Dr. phil. H. Barkhausen VDE, Dresden-A. 27, Daheimstr. 10.
Prof. Dr.-Ing. L. Binder VDE, Dresden-A. 24, Bayreuther Str. 16.
Prof. Dr. G. Brion VDE, Freiberg i. Sa., Herzog-Heinrich-Str. 1.
Prof. Dr.-Ing. A. Güntherschulze, Dresden-A. 24, Sedanplatz 4.
Regierungsrat Dr.-Ing. G. Hauffe VDE, Berlin SW 61, Hornstr. 5.
Prof. Dr.-Ing. M. Kloß VDE, Berlin-Nikolassee, Beskidenstr. 10.
Prof. Dr.-Ing. E. Marx VDE, Braunschweig, Husarenstr. 43.
Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E. h. M. Schenkel VDE, Berlin-Charlottenburg, Soorstr. 86.
Dr.-Ing. R. Wolf VDE, Niedersedlitz i. Sa., Nordstr. 15.

Abschluß des Heftes: 15. September 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 28. September 1939 | Heft 39

Zur Frage des Kurvenformfehlers von Gleichrichter-Meßgeräten.

Von H. Pfannenmüller VDE, Berlin.

DK 621.317.7 + 621.314.63.018.7

Übersicht. Der Effektivwert und der bei der linearen Gleichrichtung entstehende Absolutmittelwert werden miteinander verglichen. Es wird darauf hingewiesen, daß die allgemein übliche Effektivwerteichung auch bei Gleichrichterinstrumenten berechtigt ist, trotzdem die Instrumente dadurch kurvenformabhängig erscheinen können. Die Vor- und Nachteile der beiden Hauptarten der Gleichrichtung, vertreten durch die ideal lineare und die ideal quadratische, werden erwähnt. Mit dem Vergleich wird gezeigt, weshalb die nichtquadratische Gleichrichtung häufig vorgezogen wird, auch wenn sie kurvenformabhängig ist. Mittel zur Verringerung der Kurvenformfehler oder zu deren Berichtigung werden genannt und beurteilt. Auf den beschränkten praktischen Wert der zu bestimmten Kurvenformen berechneten Kurvenformfehler wird hingewiesen, und einige allgemeiner anwendbare Näherungen für kleine Oberschwingungsamplituden werden besprochen. Gegen zu günstige Beurteilung von Gleichrichterinstrumenten wird Stellung genommen, und vom Vorspann zwecks Erhöhung der Gesamtgenauigkeit wird abgeraten. Es wird empfohlen, statt vorgespannter Gleichrichterinstrumente, wenn irgend möglich, vorgespannte Dynamometer zu verwenden.

Effektivwert und Absolutmittelwert.

Der Effektivwert hat sich vor allem deshalb durchgesetzt, weil es bis vor kurzem an brauchbaren Wechselstrommeßgeräten nur Effektivwertmesser gab. Der fast ausnahmslose Gebrauch des Effektivwertes ist damit schon genügend gerechtfertigt; die Meßergebnisse müssen vergleichbar, also auch einheitlich bewertet sein. Physikalisch ist der Effektivwert jedoch oft nicht begründet. Er gibt zwar die im ohmschen Widerstand entstehende Stromwärme und die aus Sinusstrom und Sinusspannung gebildete Leistung richtig wieder, er versagt aber bei der Bildung des Leistungsproduktes meist schon, wenn Strom und Spannung voneinander abweichende Kurvenformen haben. Man benutzt in diesem Fall wohl den Leistungsfaktor $\cos\varphi$ zur Berichtigung, verzichtet damit jedoch auf die ursprüngliche Bedeutung von φ, denn φ ist dann lediglich eine Rechengröße und kein Maß mehr für wirkliche Phasenwinkel zwischen Teilschwingungen [1][1]). In einigen anderen Fällen ist statt des Effektivwertes der Scheitelwert oder der Effektivwert der Grundwelle oder der Absolutmittelwert maßgebend. Der Absolutmittelwert entsteht bei der Gleichrichtung der Art

$$i_s = |i_p|\,, \tag{1}$$

auch „ideal lineare" Gleichrichtung genannt; i_p ist der Augenblickswert des dem Gleichrichter zugeführten und i_s der Augenblickswert des von ihm gelieferten Stromes. An Stelle von i_p kann auch der Augenblickswert u_p einer Spannung treten.

[1]) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Schrifttumverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.

Der Absolutmittelwert ist deshalb hauptsächlich für Messungen an Anordnungen wichtig, die selbst Gleichrichter enthalten. So sind beispielsweise magnetische Gleichhalter mit einem stark von der Eingangsspannung abhängigen Formfaktor der Ausgangsspannung auf den Absolutmittelwert abzugleichen, wenn an sie angeschlossene Gleichrichter der Art (1) unveränderlichen Gleichstrom liefern sollen, wie er in der Meßtechnik häufig gebraucht wird. Scheitelwerte der Art

$$|+u|_{\max} = |-u|_{\max}$$

von Spannungen mit sattelfreien, ansonsten aber beliebigen Kurvenformen lassen sich über Kapazitäten und Gleichrichter der Art (1) messen. In Absolutmittelwerten oder Scheitelwerten geeichte Effektivwertmesser an Stelle der Gleichrichterinstrumente in den letzten beiden Beispielen würden den Absolutmittelwert und den Scheitel bei verzerrter Kurvenform ähnlich falsch zeigen, wie die in Effektivwerten geeichten Gleichrichterinstrumente den Effektivwert. Die Ausführungen mögen daran erinnert haben, daß der Kurvenformfehler bei linearer Gleichrichtung nach (1) lediglich auf einer, wenn auch begründeten Vereinbarung beruht. Im übrigen würden die meisten Gleichrichtermeßgeräte auch dann nicht frei von Kurvenformfehlern werden, wenn sie in Absolutmittelwerten geeicht würden, denn in der Regel zeigen sie weder dem Absolutmittelwert noch dem Effektivwert proportional an, sondern einem dazwischenliegenden Mittelwert.

Die „quadratische" und die „lineare" Gleichrichtung.

Neben der linearen Gleichrichtung nach (1) ist die rein quadratische Gleichrichtung

$$i_s = i_p^2 \cdot \text{konst} \tag{2}$$

von besonderer Bedeutung; in (2) kann wiederum eine Spannung u an Stelle von i treten. Die Art (2) hat den wesentlichen Vorteil vor der Art (1), den Effektivwert unabhängig von der Kurvenform richtig wiederzugeben. Die Art (2) ist eingehend in den grundlegenden Arbeiten von Barkhausen, Feldtkeller [3, 4, 5], Kerschbaum [4], Küpfmüller [2], Strecker [3] und Wolman [5] behandelt worden; dort ist auch gezeigt, wie sich die gleichrichtende und verzerrende Wirkung eines lastabhängigen (nichtlinearen) Leiters auf eine gemeinsame Konstante, die Klirrkonstante, zurückführen lassen, und wie die Klirrfaktoren aus der Klirrkonstanten und der jeweiligen Schaltung abzuleiten sind [5, 6]. Dieses Verfahren hat nur dann einen Sinn, wenn die Strom-Spannungs-Kennlinie des Gleichrichters im benutzten Bereich eine genügend konvergierende Potenz-

Digitized by Google

reihe liefert; es ist also auf lastunabhängige Gleichrichtung nach (1) nicht anwendbar. Von dem Klirrfaktorverfahren ist der Klirrfaktor als allgemeines Maß für den Gehalt einer Kurvenform an Oberschwingungen zu unterscheiden; er ist ein einfacher Verhältniswert. Ein solcher Verhältniswert genügt natürlich nicht zur Beschreibung der Wirkung von Strömen und Spannungen mit verzerrter Kurvenform auf eine Anordnung, die Gleichrichter und lastabhängige Leiter enthält und die von den zugeführten Strömen und Spannungen ganz unabhängige Funktionen mit hereinbringt.

Die quadratische Gleichrichtung beruht darauf, daß man die lastabhängigen Gleichrichterwiderstände stark hervortreten läßt. Leider treten damit auch unerwünschte Eigenschaften dieser Widerstände hervor. Die Widerstände der meist verwendeten Sperrschichtgleichrichter beispielsweise streuen mehr oder weniger infolge ungleichmäßiger Herstellung, sie ändern sich stark mit der Temperatur, die Durchlaßwiderstände sind wesentlich größer als bei höherer Strombelastung, so daß sich die Kapazität mehr bemerkbar macht, und an erreichbarer Zuverlässigkeit werden sie von den üblichen Bauelementen für Meßgeräte, wie Drahtwiderständen, Magneten, Torsionsfedern und dgl., weit übertroffen. Zudem ist die quadratische Beziehung nach (2) eine aus den mit einem solchen Gleichrichter herstellbaren Beziehungen ausgewählte Näherung. Auch mit diesen Eigenschaften der Sperrschichtgleichrichter hat man sich eingehend befaßt, und es ist gelungen, die bei der quadratischen Gleichrichtung auftretenden Mängel teilweise zu beseitigen. Die durch höhere Strombelastung stärker ausgesteuerten Gleichrichter blieben jedoch in wesentlichen Punkten überlegen; sie sind weniger temperatur- und frequenzabhängig, vor allem über große Bereiche, die Streuung der Widerstände stört kaum, die Bemessung der Schaltung ist einfacher, und deshalb ist diese Betriebsart häufiger zu finden, trotzdem sie, der höheren Strombelastung entsprechend, höhere Wechselspannungen erfordert und, auf Effektivwerteichung bezogen, kurvenformabhängig ist.

Der Kurvenformfehler bei der nichtquadratischen, insbesondere linearen Gleichrichtung.

Unter diesen Umständen lag der Versuch nahe, dem Kurvenformfehler bei der nichtquadratischen Gleichrichtung anderswie beizukommen. So wurde beispielsweise vorgeschlagen, die Oberschwingungen durch Filter oder bei fremdgesteuerten Gleichrichtern durch besondere Steuerfunktionen vor der Gleichrichtung zu entfernen [7, 8], denn der Effektivwert der Grundschwingung weicht vom Gesamteffektivwert viel weniger ab als der Absolutmittelwert, solange die Amplituden der Oberschwingungen klein sind [9]. Das Verfahren ist brauchbar, aber in der Regel zu teuer und beschränkt den Frequenzbereich. Man hat ferner den Kurvenformfehler oder entsprechende Werte zu gegebenen Kurvenformen bei gegebener Gleichrichterfunktion berechnet. Um die so berechneten Ergebnisse anwenden zu können, muß man also neben der Gleichrichterfunktion auch die jeweilige Kurvenform kennen. Die Gleichrichterfunktion läßt sich für das Instrument ein für allemal ermitteln. Die Kurvenformen der zu messenden Ströme und Spannungen sind aber fast stets unbekannt, sowie mit Sinusform nicht mehr gerechnet werden darf. Will man die Formen ermitteln, dann braucht man einen Oszillographen oder wenigstens ein Oszilloskop. Ein Vergleich nach Schätzung oder gar nach dem Gedächtnis ist natürlich zu ungenau. Es ist also ein Aufwand an Mitteln und Arbeit erforderlich, demgegenüber die gewöhnliche Effektivwertmessung vorzuziehen ist, nötigenfalls über geeignete Verstärker, etwa einen an einen Thermoumformer anzuschließenden lichtelektrischen oder Bolometerverstärker [10, 11]. Die zu bestimmten Kurvenformen berechneten Kurvenformfehler haben demnach nur beschränkten praktischen Wert, und das dürfte auch der Grund sein, weshalb nur vereinzelte Ansätze zu Berechnungen dieser Art zu finden sind, trotzdem die Kurvenformfrage zweifellos wichtig ist. So sind beispielsweise aus Grund- und einer Oberschwingung bestimmter Phasenlage zusammengesetzte Formen untersucht worden [12], und neuerdings hat F. Klutke die Kurvenformfehler der Jordanschen Funktion [13]:

$$y = \frac{\cos \omega t}{+\sqrt{1 + \varepsilon^2 \sin^2 \omega t}} \tag{3}$$

für Gleichrichtung nach (1) berechnet [14]. Die Funktion liefert flache und spitze Kurven zwischen der „Rechteckkurve" und der verschwindend schmalen Spitze als Grenzformen und für $\varepsilon = 0$ die Kosinuslinie selbst. Die beiden Grenzformen sind zugleich Grenzformen mit dem größtmöglichen Kurvenformeinfluß, wie im folgenden bewiesen wird [9]. Alle Formen der Funktion (3) haben, wie leicht festzustellen ist, nur Kosinusglieder ungerader Ordnungszahl, die Grundschwingung und sämtliche Oberschwingungen gehen also alle an der gleichen Stelle durch Null; die erste Ableitung dy/dt ändert ihr Vorzeichen jeweils nur in Abständen von $\omega t = \pi$, die Kurven haben also keine Sättel, und in jeder Halbperiode kommt außer Anfang und Ende kein weiterer Nulldurchgang vor. Für alle Kurvenformen, die wie die nach (3) nur Nulldurchgänge haben, durch die alle Teilschwingungen zugleich hindurchgehen, ergeben sich bei Gleichrichtung nach Gl. (1) auf Sinusform bezogene Kurvenformfehler:

$$F_H = \left(\frac{\sum\limits_{n=0}^{n=\infty} \left(\frac{1}{2n+1} \cdot \frac{A_{2n+1}}{A_1} \right)}{\sqrt{\sum\limits_{n=1}^{n=\infty} \left(\frac{A_n}{A_1} \right)^2}} - 1 \right) \cdot 100\,\% . \tag{4}$$

Darin ist A_{n+1} mit dem Vorzeichen einzusetzen, das die dem gemeinsamen Nulldurchgang zunächst folgenden Werte der betreffenden Teilschwingung haben; die Werte A_m/A_1, worin A_m die Amplitude der Teilschwingung $m\,\omega$ und A_1 die Amplitude der Grundschwingung ist, können als Parameter dienen, und man würde entsprechend der Vielzahl der Parameter eine wesentlich größere Auswahl an Formen erhalten als aus (3). Die genannten günstigen Eigenschaften von (3) vereinfachen wohl die Berechnungen, beschränken aber dementsprechend die Anwendbarkeit der Ergebnisse; durch (3) lassen sich nämlich schon Formen mit Sätteln, für die (4) noch gilt, nicht mehr streng darstellen, noch weniger die mit mehreren Nulldurchgängen in der Halbperiode und die ganz unsymmetrischen[2]).

Am häufigsten sind noch die Amplitudenverhältnisse A_m/A_1 einer verzerrten Kurvenform bekannt. Das genügt aber noch nicht zur Bestimmung des Kurvenformfehlers, der auch von der gegenseitigen Phasenlage der Teilschwingungen abhängt. Die Phasenlagen sind nicht so einfach zu ermitteln, und man begnügt sich deshalb in erster Linie mit der Angabe der Grenzen, innerhalb denen der Kurvenformfehler bei allen möglichen Phasenlagen der Teilschwingungen liegen kann. Diese Grenzen sind bei Gleichrichtung nach (1) und genügend kleinen Verhältniswerten A_m/A_1 in erster Näherung [9, 15]:

$$F_H = \pm \sum_{n=1}^{n=\infty} \left(\frac{1}{2n+1} \cdot \frac{|A_{2n+1}|}{A_1} \right) \cdot 100\,\% . \tag{5}$$

Im folgenden sind

$y = f(t)$ Augenblickswert des zu messenden Stromes oder der zu messenden Spannung,

E Effektivwert von $f(t)$,

[2]) Die Kurvenformfehler der Funktion (3) können demnach nur insofern wichtig sein, als diese Funktion selbst wichtig ist, etwa häufiger vorkommt; eine solche Vermutung liegt nahe, weil die Funktion (3) in der von Jordan vorgeschlagenen Darstellung ein einfaches Bild, eine Ellipse in symmetrischer Lage, liefert.

Digitized by Google

$M_{abs} = \frac{1}{T}\int_0^T |y|\, dt$ Absolutmittelwert [12] von $f(t)$,
T Periodendauer,
$\omega = 2\pi/T$,
E_1 Effektivwert der Grundschwingung von $f(t)$,
A_1 Scheitel der Grundschwingung von $f(t)$, Absolutwert,
A_m Scheitel der Oberschwingung von $f(t)$ mit der Ordnungszahl m, Absolutwert,
$M_1 = \frac{2\,A_1}{\pi}$ Absolutmittelwert der Grundschwingung von $f(t)$,
$M_d = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} y\, dt$ Steuermittelwert von $f(t)$, der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Nulldurchgängen der Grundschwingung über eine Halbperiode genommene arithmetische Mittelwert,
$(M_d)_{max} = \frac{2}{\pi}\left(A_1 + \sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{A_{2n+1}}{2n+1}\right)$ Höchstwert von M_d bei gegebenen Teilschwingungs-Amplituden A_m,
$(M_d)_{min} = \frac{2}{\pi}\left(A_1 - \sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{A_{2n+1}}{2n+1}\right)$ Kleinstwert von M_d bei gegebenen Teilschwingungs-Amplituden A_m.

Ein in Effektivwerten bei Sinusform geeichtes Instrument mit einem Gleichrichter nach (1) zeigt den Wert $E_1\frac{M_{abs}}{M_1}$. Der richtige Wert ist aber E, und infolgedessen wird der Fehler, bezogen auf E,

$$F_H = \left(\frac{M_{abs}}{M_1}\cdot\frac{E_1}{E} - 1\right)\cdot 100\,\% . \quad (6)$$

Es ist

$$M_{abs} \geqq M_d, \quad (7)$$

denn in beiden kommen die gleichen Werte y alle vor, in M_d mit ihrem ursprünglichen Vorzeichen, es können also negative neben positiven auftreten, in M_{abs} aber stets nur mit positivem. Wird in (6) M_{abs} durch $(M_d)_{min}$ ersetzt, dann ergibt sich ein allgemeiner Ausdruck für eine untere Grenze F_{Hu} des Kurvenformfehlers

$$F_{Hu} = \left(\frac{1 - \sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{1}{2n+1}\cdot\frac{A_{2n+1}}{A_1}}{\sqrt{\sum_{n=1}^{n=\infty}\left(\frac{A_n}{A_1}\right)^2}} - 1\right)\cdot 100\,\%, \quad (8)$$

der gleiche, wie für fremdgesteuerte Gleichrichter [7, 9].

Eine obere Grenze des Kurvenformfehlers ist durch $(M_d)_{max}$ nicht bestimmt. Begrenzt man die Summe der Amplituden der Oberschwingungen

$$\sum_{n=2}^{n=\infty}\frac{A_n}{A_1} \leqq p_H, \quad (9)$$

dann kann der Teil von $f(t)$, von dem der Unterschied zwischen M_{abs} und M_d herrührt, nur innerhalb

$$\pm T_a = \pm\frac{\arcsin p_H}{\omega},$$

von den Nulldurchgängen der Grundschwingung aus gerechnet, liegen. Bei gegebenem M_d und unter Bedingung (9), im übrigen aber beliebigen Oberschwingungen, wird M_{abs} offenbar ein Maximum, wenn die von der Kurve $f(t)$ abgeschnittenen Flächen auf der der Hauptfläche gegenüberliegenden Seite der Nullinie möglichst groß werden, wenn also zwischen B und C (vgl. Abb. 1) und zwischen D und E die Kurve $f(t)$ im Abstand p_H von der Grundschwingung verläuft. Es wird dann

$$M_{BC} = \frac{2\,A_1}{T}\int_0^{T_a}[(\sin\omega t) - p_H]\, dt$$

und

$$M_{DE} = \frac{2\,A_1}{T}\int_{(T/2)-T_a}^{T/2}[(\sin\omega t) - p_H]\, dt,$$

beide bezogen auf $T/2$. Weiter wird

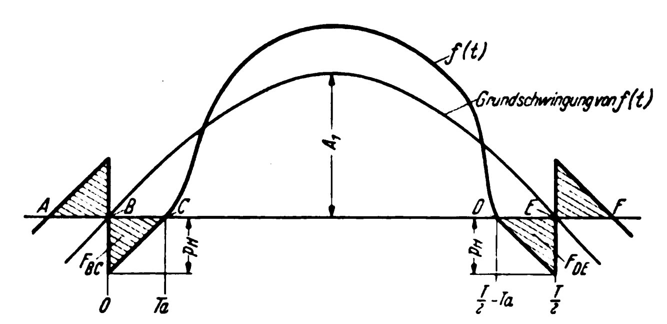
$$(M_{abs})_{BE} - (M_d)_{BE} = |M_{BC}| + |M_{DE}| - M_{BC} - M_{DE}$$

und daraus

$$p_a = \frac{(M_{abs})_{BE} - (M_d)_{BE}}{(M_1)_{BE}} = 2\left(\sqrt{1 - p_H^2} - 1 + p_H \arcsin p_H\right)$$

oder

$$(M_{abs})_{max} = M_d + p_a M_1 .$$



$M_{DE} = \frac{F_{DE}}{T/2}$, Mittelwert von F_{DE}, $M_{BC} = \frac{F_{BC}}{T/2}$, Mittelwert von F_{BC}, beide bezogen auf $T/2$, die halbe Periodendauer

Abb. 1. Grenzen $A\,B\,C$ und $D\,E\,F$ für Kurven $f(t)$ mit maximalem p_a bei gegebenem p_H.

Der Wert M_{abs} in (6) kann also unter Bedingung (9) den Wert $(M_d)_{max} + p_a M_1$ bestimmt nicht überschreiten, und daraus ergibt sich ein Ausdruck für eine obere Grenze F_{Ho} des Kurvenformfehlers

$$F_{Ho} = \left(\frac{1 + \sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{1}{2n+1}\cdot\frac{A_{2n+1}}{A_1} + p_a}{\sqrt{\sum_{n=1}^{n=\infty}\left(\frac{A_n}{A_1}\right)^2}} - 1\right)\cdot 100\,\%. \quad (10)$$

Der Ausdruck $\sqrt{\sum_{n=1}^{n=\infty}\left(\frac{A_n}{A_1}\right)^2}$ liegt zwischen 1, bei entsprechend großer Zahl von Oberschwingungen mit kleinen Amplituden, und $\sqrt{1 + p_H^2}$ bei nur einer Oberschwingung. Der Grenzwert $\sqrt{1 + p_H^2}$ liefert den kleinsten Gesamtwert, weil er im Nenner steht, ist also für F_{Hu} maßgebend, und der andere Grenzwert 1 ist entsprechend für F_{Ho} maßgebend. Ferner wird für p_H bis 0,2:

$$p_a \sim p_H^2 .$$

Unter Berücksichtigung dieser Vereinfachungen wird aus Gl. (8) näherungsweise

$$F_{Hu} \sim -\left(\frac{p_H^2}{2} + \sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{1}{2n+1}\cdot\frac{A_{2n+1}}{A_1}\right)\cdot 100\,\% \quad (11)$$

und aus Gl. (10)

$$F_{Ho} \sim \left(p_H^2 + \sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{1}{2n+1}\cdot\frac{A_{2n+1}}{A_1}\right)\cdot 100\,\% \quad (12)$$

und für genügend kleine p_H wird aus den Ausdrücken (11) und (12) schließlich Ausdruck (5).

Digitized by Google

Zahlentafel 1. Grenzwerte des Kurvenformfehlers zu einer Form aus den Teilschwingungen ω und 3ω.

p_H	F_{Hu} aus (8) oder (11) %	F_{Ho} aus (10) oder (12) %	F_H aus (5) %
0,2	— 8,67	+ 10,7	± 6,66
0,1	— 3,83	+ 4,33	± 3,33
0,05	— 1,79	+ 1,92	± 1,67
0,02	— 0,687	+ 0,707	± 0,67
0,01	— 0,338	+ 0,343	± 0,33

Die Ausdrücke (5), (11) und (12) haben vor allem den Zweck zu zeigen, ob die Kurvenformfehler noch innerhalb der jeweils zulässigen Grenzen liegen. Bis $p_H = 0{,}1$ genügt im allgemeinen Ausdruck (5), weil so kleine Teilschwingungsamplituden auch nur auf 10 bis 20 % genau bekannt sein werden. Bei größeren Werten p_H über 0,1 sind andere Meßverfahren vorzuziehen, wie bereits dargelegt, falls es sich nicht um Schätzungen handelt und der Kurvenformfehler sowieso ohne Bedeutung ist.

Der positive Grenzwert, den F_H bei Gleichrichtung (1) erreichen kann, ist + 11 % und die zugehörige Kurvenformfunktion $|y| =$ konst.; der negative Grenzwert ist — 100 % und die zugehörige Form die verschwindend schmale Spitze [9]. Zum Beweis betrachtet man zwei benachbarte Streifen aus einer Kurve gegebener Form mit dem Effektivwert E und der Periode T, von denen der eine y_1 und der andere y_2 als Höhe hat, und deren Grundlinien je dem Betrag $\mathrm{d}t$ entsprechen. Man ersetzt y_1 durch y_3 und y_2 durch y_4, und zwar so, daß der Absolutmittelwert ungeändert bleibt, also

$$|y_4| = |y_1| + |y_2| - |y_3|. \quad (13)$$

Setzt man

$$|y_3| = y_a \quad (14)$$

und

$$|y_4| = y_b, \quad (15)$$

dann wird der Effektivwert der neuen Kurve

$$E_a = \sqrt{E^2 - \left(y_1^2 + y_2^2\right)\frac{\mathrm{d}t}{T} + \left(y_a^2 + y_b^2\right)\frac{\mathrm{d}t}{T}}, \quad (16)$$

wie eine einfache Rechnung zeigt, ein Minimum für

$$y_a = y_b = \frac{|y_1| + |y_2|}{2}. \quad (17)$$

Die Minimumrechnung liefert nur diesen Wert. E_a würde also kein Maximum haben, sondern vom Minimum ab stetig wachsen, wenn y_a und y_b auch negativ werden könnten. Nach (14) und (15) ist das aber nicht möglich, und daraus folgt, daß die Grenze durch den nicht möglichen Vorzeichenwechsel von y_a und y_b, also $y_a = 0$ oder $y_b = 0$, das Maximum von E_a liefern muß. Führt man den Ersatz nach (17) für alle Streifen durch, danach für die entstandenen Streifen doppelter Breite, und so fort, dann gelangt man bei ungeändertem Mittelwert zu immer kleineren Effektivwerten bis zu Kurven $|y| = y_M$ (konst.), zu denen auch die „Rechteckkurve" gehört; für sie alle gilt $\frac{E}{M_{\mathrm{abs}}} = 1{,}11$. Läßt man aber jeweils einen Streifen zu Null werden, um das Maximum von E_a zu erhalten, so gelangt man zur verschwindend schmalen Spitze.

Kurvenformfehler und Gesamtgenauigkeit von Gleichrichterinstrumenten. Vorspann.

In Effektivwerten geeichte Instrumente mit nichtquadratischer Gleichrichtung können vor allem des Kurvenformfehlers wegen nicht als Präzisionsinstrumente gelten, selbst dann nicht, wenn es gelungen sein wird, die Zuverlässigkeit der Gleichrichter noch wesentlich zu steigern, denn der Kurvenformfehler erreicht infolge der durchschnittlichen Verzerrung, mit der zu rechnen ist, allein schon die für Präzisionsinstrumente zulässige Fehlergrenze. Die Fehlergrenzen werden zwar üblicherweise ausdrücklich auf reine Sinusform bezogen, es geht aber nicht an, Betriebsbedingungen zu stellen, die nur selten hinreichend erfüllbar sind, und gerade Präzisionsinstrumente müssen die Fehlergrenzen unter den durchschnittlich zu erwartenden Betriebsbedingungen einhalten. Dementsprechend fordern die neuen VDE-Regeln für Meßgeräte für die einzelnen Einflußfehler jeweils die gleichen Grenzen, die das Instrument unter den Nennbetriebsbedingungen einhalten muß. Es wäre ungerechtfertigt, für Geräte mit nichtquadratischer Gleichrichtung eine Ausnahme zu machen, weil hier der Genauigkeit ungünstige, auf dem Meßverfahren beruhende Grenzen gesetzt sind.

Geräte mit Dynamometer- und Weicheisenmeßwerken lassen sich aus den im vorstehenden genannten Gründen im Niederfrequenzgebiet für wesentlich höhere Genauigkeiten herstellen als Gleichrichtergeräte mit Effektivwerteichung; für Präzisionsdynamometer und Präzisions-Weicheiseninstrumente der Klasse E nach den alten VDE-Regeln für Meßgeräte wird eine Genauigkeit von ± 0,2 % bis ± 0,3 % zugesichert. Gelegentlich sind wohl Gleichrichterinstrumente als „Präzisionsinstrumente" angepriesen oder in der erreichbaren Genauigkeit mit Weicheiseninstrumenten verglichen worden, die Angaben über die zugesicherten Genauigkeiten entsprachen dem aber nicht. Seit etwa sieben Jahren, nachdem die günstigsten Betriebsbedingungen der Sperrschichtgleichrichter für Meßzwecke und die zugehörigen Schaltungen und Hilfsmittel im wesentlichen untersucht waren [4, 17, 18], wird als höchste Genauigkeit für Instrumente mit solchen Gleichrichtern etwa 1 % zugesichert. Inzwischen sind wohl keine in Effektivwerten geeichte Gleichrichterinstumente mit zugesicherten höheren Genauigkeiten bekannt geworden, die entsprechende Proben auch bestanden hätten.

Bisweilen liegt der Bereich, in dem gemessen werden soll, nicht zwischen Null und Endwert, sondern er beginnt erst bei einem höheren Wert, etwa dem halben Endwert. In solchen Fällen wird häufig gefordert, die Skala soll nur diesen engeren Bereich umfassen und so besser ausgenutzt werden; das Meßwerk ist also „vorzuspannen". Dadurch wird, richtige Bemessung und entsprechend besser unterscheidbare Zeigerausführung und Skalenbeschriftung vorausgesetzt, stets an Ablesegenauigkeit aus größerer Entfernung gewonnen. Durch Vorspann läßt sich aber auch die Genauigkeit von Schreibern und aus normaler Entfernung abzulesenden Instrumenten mit geeigneten Meßwerken erhöhen. Meist handelt es sich nun darum, nicht die normale Genauigkeit für größere Entfernungen auszunutzen, sondern die absolute Gesamtgenauigkeit bei normaler Entfernung zu steigern; zu diesem Zweck vorgespannte Gleichrichterinstrumente bewähren sich natürlich nicht, wenn es auf die gewünschte höhere Genauigkeit und auf den Effektivwert wirklich ankommt; in solchen Fällen mußten sie gelegentlich schon

Zahlentafel 2. Vergleich zweier vorgespannter Schalttafel-Spannungsmesser gleicher Größe eines Dynamometers und eines Gleichrichterinstrumentes.

	Dynamometer	Gleichrichter-instrument
Meßbereich	80 V bis 110 V	80 V bis 110 V
Nennfrequenz	50 Hz	50 Hz
Stromaufnahme bei Endausschlag	75 mA	15 mA
	Fehler in % vom Endwert, etwa	Fehler in % vom Endwert, etwa
Fehlergrenzen bei 50 Hz, 20° C und Sinusform	± 0,4	± 0,8
Temperatureinfluß je 10° C Temperaturänderung zwischen — 10° C und + 50° C	bis ± 0,3	bis ± 1
Frequenzeinfluß je 10% Frequenzänderung	± 0,07	unter ± 0,01
Kurvenformfehler durch		
20% Oberschwingung 3 ω	— 0,23	bis ± 9
20% Oberschwingung 5 ω	— 0,56	bis ± 3

Digitized by Google

durch vorgespannte Dynamometer ersetzt werden. Die Dynamometer sind infolge ihres mit dem Strom bzw. der Spannung nahezu unabhängig von der Zeigerstellung quadratisch steigenden Drehmomentes und ihrer hohen erreichbaren Genauigkeit im Niederfrequenzgebiet zum Vorspannen besser geeignet als die anderen Meßwerke.

Die Einflußfehler des Dynamometers lassen sich, im Gegensatz zu denen des Gleichrichterinstrumentes, noch wesentlich verringern, wenn höhere Stromaufnahme zugelassen wird. Vorgespannte Gleichrichtergeräte wird man also nur dann verwenden, wenn es sich nicht lediglich darum handelt, die Genauigkeit zu erhöhen, oder wenn die gestellten Bedingungen mit einem Dynamometer nicht mehr zu erfüllen sind, also für höhere Frequenzen, oder wenn nur wenig Raum und Leistung für das Instrument zur Verfügung steht.

Unter vorgespannten Instrumenten versteht man im allgemeinen solche, deren m e c h a n i s c h e s Gegendrehmoment am Skalenanfang nicht Null ist, sondern bereits einen bestimmten Betrag hat. Gelegentlich findet man diese Bezeichnung auch auf Geräte angewendet, bei denen der Meßbereichbeginn auf andere Weise unterdrückt ist. Sie haben im wesentlichen dieselben ungünstigen Eigenschaften wie die mechanisch vorgespannten, wenn aus der zu messenden Spannung oder Stromstärke über Gleichrichter zunächst Gleichstrom gebildet und erst die Wirkung dieses Gleichstromes auf die Anzeigevorrichtung ganz oder teilweise aufgehoben wird, etwa durch einen zweiten, von dem zu messenden Wert unabhängigen oder anders abhängigen Gleichstrom. Das Vorstehende gilt dagegen n i c h t für Kompensations- und Brückenverfahren v o r der Gleichrichtung [19]. Das Wechselstrominstrument hat in diesem Fall auf die Meßgenauigkeit einen ähnlich geringen Einfluß wie ein Gleichstrominstrument in der nahezu abgeglichenen Gleichstrombrücke, und Art und Größe der Meßfehler hängen um so weniger von den Eigenschaften des Wechselstrominstrumentes ab, je stärker unterdrückt wird und je weniger die Kompensation kurvenformbeeinflußt ist.

Zusammenfassung.

Meßergebnisse müssen vergleichbar, also einheitlich bewertet sein. Der allgemein eingeführte Effektivwert ist deshalb auch dort praktisch berechtigt, wo er nicht unbedingt maßgebend ist. Der Absolutmittelwert ist ein anderer einfacher, eindeutig definierter Mittelwert; er entsteht bei der idealen linearen Gleichrichtung. Der Kurvenformfehler der linearen Gleichrichtung bei Effektivwerteichung beruht auf der Abweichung der genannten beiden Mittelwerte voneinander. Die Bedeutung beider Mittelwerte wird an einigen Beispielen verglichen. Die ideal quadratische Gleichrichtung liefert zwar den Effektivwert, die quadratische Gleichrichtung wird aber trotz dieses Vorteils nicht allgemein angewendet; bei dieser Art der Gleichrichtung wird nämlich die Lastabhängigkeit der Gleichrichterwiderstände benutzt, und infolgedessen treten auch deren unerwünschte Eigenschaften (z. B. Streuung, Temperatur- und Frequenzeinfluß bei Sperrschichtgleichrichtern) stärker hervor. Die Kurvenformfehler der linearen Gleichrichtung können durch Beseitigen der Oberschwingungen vor der Gleichrichtung verringert werden. Man hat auch Kurvenformfehler zu bestimmten Kurvenformen berechnet; sie lassen sich praktisch kaum verwerten, weil die Formen der zu messenden Ströme und Spannungen in der Regel unbekannt sind. Einige, teils schon ältere Näherungsformeln für kleine Amplituden der Oberschwingungen werden abgeleitet. Sie lassen sich besser anwenden, weil nur die Kenntnis der Amplitudenverhältnisse vorausgesetzt ist, sie geben aber nur die G r e n z e n der Kurvenformfehler an. In Effektivwerten geeichte Gleichrichterinstrumente können schon des Kurvenformfehlers wegen keine Präzisionsinstrumente sein, und es hat aus demselben Grund in der Regel auch keinen Sinn, sie lediglich zwecks Erhöhung der absoluten Gesamtgenauigkeit vorzuspannen. Im Niederfrequenzgebiet ist die mit Dynamometer erreichbare Genauigkeit weit größer, was an einer Gegenüberstellung gezeigt wird.

Schrifttum.

1. Vgl. auch W. Quade, Arch. Elektrotechn. 28 (1934) S. 130.
2. K. Küpfmüller, VDE-Fachber. 1 (1926) S. 87.
3. F. Strecker u. R. Feldtkeller, Elektr. Nachr.-Techn. 6 (1929) S. 93
4. R. Feldtkeller u. H. Kerschbaum, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 19 (1929) S. 333.
5. R. Feldtkeller u. W. Wolman (Fastlineare Netzwerke), Telegr. u. Fernspr.-Techn. 20 (1931) S. 167 u. 242.
6. R. Zenneck, Hochfrequenztechn. 50 (1937) S. 5.
7. Wiss. Veröff. Siemens-Konz. 13 (1934) S. 1.
8. Arch. techn. Mess. Z. 540-2, Dez. 1934.
9. Arch. techn. Mess. J 026-2, Nov. 1933.
10. L. Merz, Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 1.
11. M. Schleicher u. W. Thal, ETZ 60 (1939) S. 257.
12. Arch. techn. Mess. V 3620-2, März 1934. Dort hat Verf. auf Wunsch einen solchen Versuch gemacht.
13. H. Jordan, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 18.
14. F. Klutke, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 295.
15. Siemens-Z. 18 (1938) S. 40.
16. Arch. techn. Mess., V 3620-2, März 1934, S. 1.
17. Arch. Elektrotechn. 28 (1934) S. 363.
18. W. Wolman u. H. Kaden, Z. techn. Phys. 12 (1931) S. 470, H. Kaden, Hochfrequenztechn. 39 (1932) S. 115, H. Kaden, Elektr. Nachr.-Techn. 9 (1932) S. 175 u. a. m.
19. W. Oesinghaus, ETZ 60 (1939) S. 625.

Der Fernantrieb von Niederspannungs-Selbstschaltern.

Von K. Kirsch VDE, Berlin.

DK 621.398-519 : 621.316.57.027.2

Übersicht. Nachdem auch für Niederspannungs-Selbstschalter die Einschaltung mittels Druckluft vorgenommen wird, werden an Hand neuer Konstruktionsformen die Arbeitsweise und die besonderen Vorteile der Fernantriebe näher erläutert. In der Arbeit werden ferner die verschiedenen Anwendungsgebiete umrissen und damit gezeigt, welcher Antriebsart in dem einen oder anderen Falle der Vorzug zu geben ist.

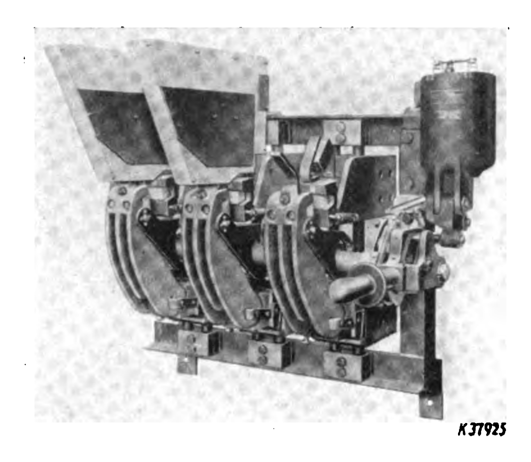
Selbstschalter, die mit Rücksicht auf die gesamte Anordnung der Schaltanlage oder auf die räumliche Aufteilung von Steueranlage und Schaltstation mit dem Schaltgriff auf der Tafel selbst nicht mechanisch verbunden oder dort nicht betätigt werden sollen, erhalten Fernantriebe. Die Antriebsvorrichtung besteht in solchen Fällen je nach der zur Verfügung stehenden Energiequelle aus Schaltmagnet, Schaltmotor oder auch Druckluftantrieb. Die Fernsteuerung erfolgt mittels besonderer Betätigungsschalter von der Steuertafel aus, die keinesfalls die aus irgendwelchen Gründen erforderlich werdende Betätigung der Schaltgeräte von Hand unmittelbar am Schalter ausschließt.

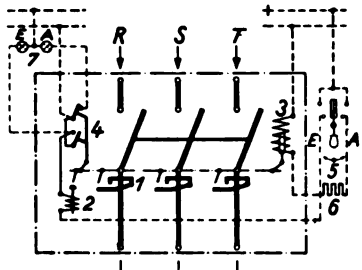
Für die konstruktive Durchbildung der verschiedenen Elemente ist die Erzielung des erforderlichen Zugkraftverlaufes ein sehr wichtiger Faktor. Die Momentenkurve von Schaltgerät und Einschaltvorrichtung müssen derart aufeinander abgestimmt sein, daß eine Einschaltgeschwindigkeit erreicht wird, die dem Gerät die erforderliche Einschaltfestigkeit gibt, gleichzeitig aber ein zu starkes Schlagen in die „Ein"-Stellung vermeidet. Die Kraftbedarfskurve für den Einschaltvorgang steigt bis zum Berühren der Vorkontakte, nach der Konstruktionsform wechselnd, leicht an, um von dieser Schalterstellung aus sprunghaft die Werte zu erreichen, die hauptsächlich bestimmt sind von den infolge Schaltens auf einen Kurz-

Digitized by Google

schluß entstehenden Gegenkräften. Zur Gewährleistung einer bestimmten Einschaltfestigkeit müssen diese Gegenmomente mit Sicherheit überwunden werden.

Die Kraftäußerung eines Einschaltmagneten steigt, je mehr der Kern sich seiner Endstellung nähert. Um die starken Einschaltstöße gegen Ende des Hubes zu verringern, werden Maßnahmen getroffen, die eine Vergleichmäßigung der Zugkraft bewirken. Hierdurch kann allerdings eine Herabsetzung der relativen Einschaltfestigkeit als Folgeerscheinung auftreten. Die Einschaltvorrichtung muß auch bei einem während des Einschaltvorganges auftretenden Spannungsabfall durchschalten. Die Verwendung eines direkt mit der Welle gekuppelten einfachen Drehstrommotorantriebes ist nicht zweckmäßig, da beispielsweise beim Synchronisieren in Phasenopposition die Schalterkontakte noch während des Einschaltvorganges schweißen könnten, weil infolge des hierbei auftretenden Zusammenbruches der Spannung der Schalt-





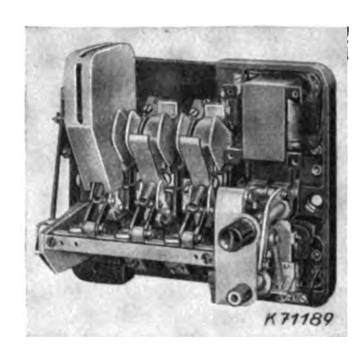
Schaltung mit Einschaltmagnet und Arbeitsstromauslöser

1 Überstromauslöser
2 Arbeitsstromauslöser
3 Einschaltmagnet
4 Hilfskontakte für 2 und 7
5 Betätigungsschalter
6 Vorwiderstand für 3
7 Signallampen

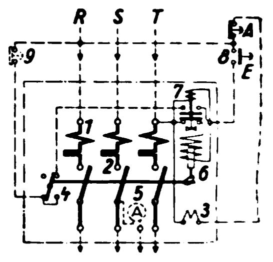
Abb. 1. Fernbetätigter Überstromausschalter 3000 A, 750 V, mit Gleichstromeinschaltmagnet und Arbeitsstromauslöser (eine Funkenkammer abgenommen).

motor nicht mehr durchzieht. Es muß daher bis zum Berühren der Vorkontakte durch Schwungmassen, Federpakete (Kraftspeicher) u. dergl. ein Überschußmoment geschaffen sein, welches für sich allein genügt, also auch bei völligem Zusammenbruch der Spannung, die Einschaltbewegung ordnungsgemäß durchzuführen. Der bei Beginn der ersten Kontaktberührung vorhandene Kraftüberschuß stellt ein Maß für die von dem Gerät bewältigte Kurzschlußeinschaltleistung dar, für deren absolute Höhe allerdings noch andere Momente, wie die Ausbildung der Kontakte, mit maßgebend sind. Es sind dies Bedingungen, die bei der konstruktiven Durchbildung der Maschennetzschalter, von denen besonders hohe Anforderungen hinsichtlich der Einschaltfestigkeit verlangt werden, in wohl vorbildlicher Form erfüllt sind.

Ist in einer Anlage eine unabhängige Gleichstromquelle genügender Stromstärke vorhanden, so werden zur Fernschaltung meist Hubmagnete verwendet (s. Abb. 1). Mit Rücksicht auf die hohe Stromaufnahme ist es nicht ratsam, Gleichstrom-Magnetantriebe für Spannungen unter 110 V vorzusehen. Zu hohe Anforderungen hinsichtlich der Schalthäufigkeit dürfen gleichfalls nicht gestellt werden. Unter der Voraussetzung kleiner Kräfte oder durch Anwendung besonderer Maßnahmen, wie veränderliche Spulenerregung, zusätzliche Schwungmassen bei größeren Einschaltleistungen, sind auch Magnetantriebe für Wechselstrom durchgebildet worden. Jedoch ist ihrer Entwicklung durch bekannte physikalische Erscheinungen eine wirtschaftliche Grenze gesetzt, so daß der Wechselstrommagnet-Antrieb für Selbstschalter über 1000 A Nennstrom praktisch ausscheidet. Eine Ausführungsform mit Wechselstrommagnet-Antrieb zeigt Abb. 2.



Schaltung mit Unterspannungsauslöser



1 Schnellauslöser
2 Wärme-(Bimetall-)Auslöser
3 Unterspannungsauslöser
4 Hilfskontakt
5 Strommesser
6 Einschaltmagnet
7 Selbstunterbrecher für 6
8 Druckknopfschalter
9 Rückstell-Betätigungs-Druckknopf bei Wiedereinschaltsperre nach Schalten auf einen Kurzschluß (nur auf besondere Bestellung)

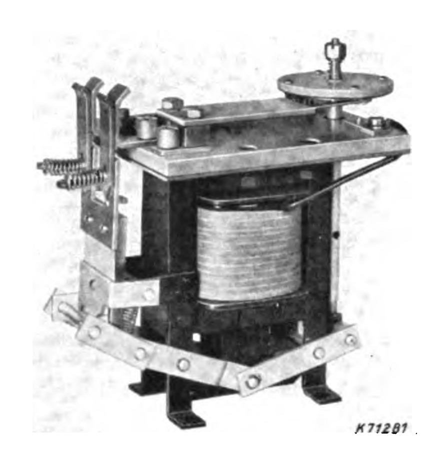
Abb. 2. Fernbetätigter Motorschutzschalter 60 A, 500 V, mit Wechselstromeinschaltmagnet und Unterspannungsauslöser (Selbstunterbrecher eingebaut).

Der Stromkreis der Einschaltmagnetspule muß nach beendetem Einschaltvorgang von Hand oder mittels eines besonderen Selbstunterbrechers geöffnet werden. Selbstunterbrecher für Einschaltmagnete, die sowohl ein selbständiges Konstruktionselement bilden können, als auch, wie in Abb. 2, direkt mit dem Gerät zu einer Einheit zusammengebaut werden, öffnen den Stromkreis nach erfolgter Durchführung des Einschaltbefehls. Hierdurch wird eine Dauereinschaltung der Spule oder ein Pumpen des Schalters vermieden, da nach jedem Ein-Kommando nur einmal der Unterbrecher den Magnetstromkreis zu schließen vermag. Eine Konstruktionsform, die auch für Schaltmotorantriebe und ähnliche Verwendung finden kann, ist in Abb. 3 gezeigt. Der Aufbau läßt als Grundelemente ein Schütz mit Bimetallstreifen erkennen, der nach bestimmter Zeit die Schützenspule erregt und hierdurch die Öffnung des Betätigungsstromkreises einleitet. Der Einschaltstrom fließt von dem Steuerschalter über den Bimetallstreifen, die Schützenkontakte nach der Zugspule des Einschaltmagneten. Hierbei erwärmt sich der Bimetallstreifen und schließt innerhalb einer nach den Eigenschaften des Zugmagneten eingestellten Zeit den Spulenstromkreis des Selbstunterbrecherschützes. Gleichzeitig wird der durch den Bimetallstreifen gegebene Kontakt als Selbstschaltung gesperrt und der Stromkreis des Einschaltmagneten geöffnet. Die nächste Betriebsbereitschaft ist erst nach dem Öffnen des Steuerschalters vorhanden, wobei durch gleichzeitiges Abfallen des Selbstunterbrecherschützes der Einschaltmagnetkreis erst wieder geschlossen wird. Damit ist der gewünschte Schutz der Einschaltspule voll erreicht. Die Wirkungsweise des Bimetallstreifens kann auch durch Federhemmwerke und ähnliche Konstruktionselemente erreicht werden.

Für höhere Schalthäufigkeiten und besonders für Selbstschalter ab 600 A Nennstrom ist der Schaltmotorantrieb zweckmäßiger. Wirtschaftliche Gegenmomente scheiden vollständig aus, da die Mehrkosten des motorischen Antriebes gegenüber dem Schaltmagneten im Vergleich zu den Gesamtschalterkosten unerheblich sind. Seine Leistungsaufnahme ist geringer als diejenige des

Digitized by Google

Schaltmagneten, und trotz hoher Schaltgeschwindigkeit ist die Arbeitsweise vollkommen stoßfrei. Der Motor kann sowohl für Gleichstrom als auch für Drehstrom bis zu einer niedrigsten Spannung von 60 V bemessen werden. Das weiche und stoßfreie Arbeiten des Schaltmotors ist



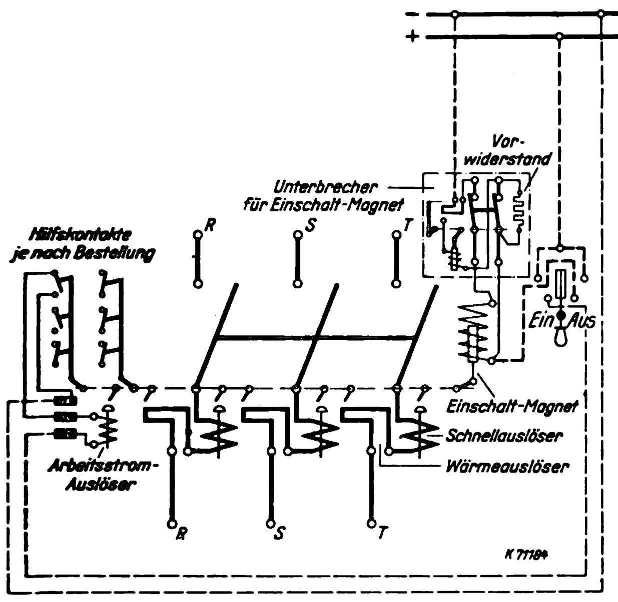
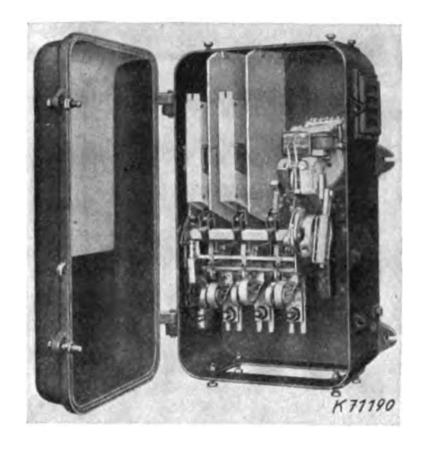


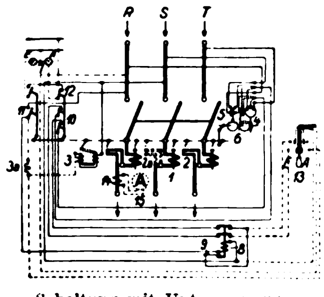
Abb. 3. Selbstunterbrecher für Einschaltmagnete mit Schaltbild.

von nicht zu unterschätzender Bedeutung, da mechanisch hart arbeitende Einschaltvorrichtungen die Lebensdauer der Schaltgeräte herabsetzen können.

Der in Abb. 4 gezeigte motorische Antrieb arbeitet mit erhöhtem Drehmoment und bewegt während der ersten Umdrehungen nach dem Einschalten nicht sofort den Schalter, sondern beschleunigt, zur richtigen Anpassung an die erforderliche Momentenkurve, eine dem Leistungsbedarf des Schalters angepaßte Schwungmasse. Dann erst wird der Schalter mitbetätigt, wobei Motor und Schwungmasse gleichzeitig arbeiten. Die gesamte Einschaltarbeit kann von der Schwungmasse auch allein, durch Aufzehrung der in ihr gespeicherten kinetischen Energie, mit größter Sicherheit geleistet werden. Die Schwungscheibe ist bei der gezeigten Konstruktionsform gleichzeitig als Bremsscheibe ausgebildet, um den Motor nach Durchführung der Einschaltung rasch zum Stillstand zu bringen. Als Zusatzgeräte sind, wie auch bei dem Schaltmagnetantrieb, Betätigungsschalter und Selbstunterbrecher erforderlich.

Aus der Schaltanordnung der Abb. 4 ist die Wirkungsweise eines Drehstrommotor-Antriebes zu entnehmen. Mit dem Einlegen des Steuerschalters erhalten Motor und Bremslüfterspule über die geschlossenen Kontakte des Selbstunterbrechers Strom, womit bei gelüfteter Bremse der Motor unter starker Stromaufnahme rasch anläuft und bereits nach einigen Umdrehungen motorseitig gesteuerte Parallelkontakte zu dem Betätigungsschalter schließt. Damit ist der selbsttätige Ablauf des gesamten Vorganges gegeben. Gegen Ende der Ein-Bewegung wird ein weiterer Kontakt geschlossen, der die Erregung der Spule des Selbstunterbrechers bezweckt und damit die Stromzuführung von Betätigungsschalter zu Motor und Bremslüfter abriegelt. Kurz bevor nun die Ausgangsstellung der Kurbelwelle wieder erreicht wird, werden Bremslüfter und Motor stromlos, indem sich die während des Anlaufes geschlossenen Kontakte wieder öffnen. Durch einen mit der Erregung der Selbstunterbrecherspule geschlossenen Kontakt wird erreicht, daß bis zur Öffnung des Betätigungsschalters keine neue Einschaltung erfolgen





Schaltung mit Unterspannungsauslöser

1 Schnellauslöser
2 Wärme- (Bimetall-)auslöser
2a dritter Wärmeauslöser
3 Unterspannungsauslöser
3a Vorwiderstand zum Kurzschließen des Unterspannungsauslösers
4 Einschaltmotor mit Schneckengetriebe
5 Parallelkontakte für *13*
6 Bremslüftmagnet
7 Signallampen
8 Wiedereinschaltsperre beim Schalten auf einen Kurzschluß
9 Parallelkontakt für *11*
10 Unterbrecherkontakte für den Steuerstromkreis
11 Hilfskontakt für *3*
12 Hilfskontakte f. Signallampen
13 Betätigungsschalter
14 Ringstromwandler für Strommesser
15 Strommesser

Abb. 4. Fernbetätigter Motorschutzschalter 600 A, 750 V, mit Drehstrom-Schaltmotor und Unterspannungsauslöser (gußgekapselt).

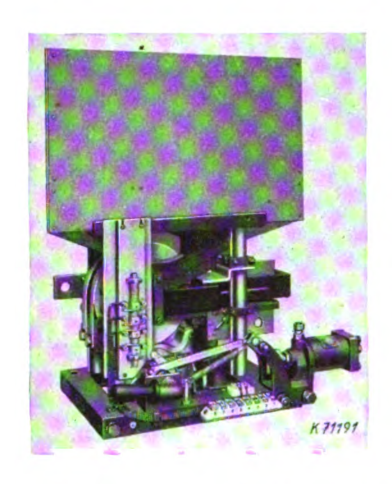
kann. Auch ein zu frühes Einfallen des Bremsbandes wird durch eine mechanische Bremssperrung verhindert. Durch diese Maßnahmen wird ein Höchstmaß von Betriebssicherheit erzielt, die alle Möglichkeiten erfaßt und damit den Schaltmotorantrieb dem Schaltmagneten ebenbürtig zeigt.

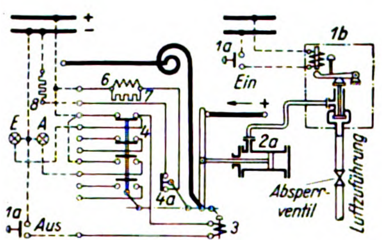
An Stelle von Magnet- und Motorantrieben werden hauptsächlich für größere Schalter Druckluftantriebe verwendet, wenn beispielsweise Gleichstrom nicht zur Verfügung steht, die Netzspannung nicht zur Betätigung verwendet werden soll und nur eine kleine Batterie vorhanden ist, wenn die Netzspannung für die Betätigung zu hoch ist, so daß eine Transformation erforderlich wird oder wenn besonders große Schalthäufigkeiten sich aus den Betriebsverhältnissen ergeben. Infolge der besonde-

Digitized by Google

ren Vorteile des Druckluftantriebes in diesen Fällen kann selbst der erforderlich werdende Bau einer Druckluftanlage nicht als Nachteil empfunden werden, um so mehr als diese Antriebsart trotz hoher Schaltgeschwindigkeit außerordentlich weich arbeitet und hierdurch die Antriebsteile schont (siehe Abb. 5).

Die Verwendung der Druckluftantriebe ergibt sich häufig von selbst, da in Großschaltanlagen vielfach nicht nur die Niederspannungsautomaten, sondern auch die Hochspannungs-Sammelschienen- und Kabeltrennschalter von der Warte aus zentral mittels Druckluft für 4,5 atü betätigt werden. Sammelschienen-Trennschalter werden häufig bevorzugt mittels Druckluft angetrieben, da dann das schwerfällige Antriebsgestänge in Fortfall kommen kann. Weiterhin ist Druckluft in vielen Schaltanlagen — allerdings mit höherem Nenndruck — vorhanden, da die Druckluft als Lösch- und Betätigungsmittel ölloser Leistungsschalter benötigt wird. In solchen Fällen wird für den Antrieb der Niederspannungs-Selbstschalter mittels Druckluft lediglich der Einbau einer Druckminderanlage erforderlich, die an sich nur mit geringen Kosten verbunden ist.





Schaltung mit Druckluftantrieb und Arbeitsstromauslöser

1a Druckknöpfe für die Ein- und Ausschaltung
1b Steuerventil
2a Druckluftantrieb
3 Arbeitsstromauslöser
4 Hilfskontakte zur Unterbrechung des Arbeitsstromauslösers und für Signalzwecke
4a Unterbrecherkontakte f. die Unterspannungsspule bzw. Polarisationsspule
6 Polarisationsspule
7 Schutzwiderstand für die Polarisationsspule
8 Vorwiderstand für die Polarisationsspule

Abb. 5. Fernbetätigter Gleichstrom - Schnellschalter 1000 A, 1200 V, mit Druckluftantrieb und Arbeitsstromauslöser.

Der Druckluftantrieb läßt sich an alle Selbstschalter anbauen und besteht aus einem Druckluftzylinder mit nur einseitiger Kolbenbeaufschlagung, weil die Ausschaltung mittels eines Druckluftzylinders infolge der geringen Auslösekräfte unzweckmäßig ist. Die Abschaltung erfolgt genau wie bei dem Magnet- und Motorantrieb durch Arbeitsstrom- oder Unterspannungsauslöser. Für die Betätigung des Antriebes ist ein Steuerventil erforderlich, das zweckmäßig so ausgebildet ist, daß sowohl von Hand als auch elektromagnetisch gesteuert werden kann und bei seiner Erregung die Luftzufuhr zu dem Druckluftkolben freigibt, der den Schalter in die durch Klinkenhebel gesperrte Einschaltstellung drückt. Die Spule des Steuerventils, die von beliebiger Stelle erregt werden kann, ist für kurzzeitige Betätigung, höchstens etwa 5 s, bemessen und muß daher selbsttätig oder von Hand wieder abgeschaltet werden. Auch Betätigungsspannungen unter 60 V lassen sich verwenden.

Die Kinematik ist sehr einfach. Aus dem über oder unter dem Schaltschloß angeordneten Druckluftzylinder tritt eine Kolbenstange heraus, die an das Kniehebelsystem angelenkt ist. Der Druckluftantrieb schließt auch in dieser Form eine Betätigung mittels Schaltergriffs nicht aus. Der Rückgang des Kolbens in die Ruhelage erfolgt mit Unterstützung einer über dem Kolben angeordneten Druckfeder, wobei die Luft unterhalb nach Freigabe des Betätigungsknopfes am Steuerventil entweicht.

Um die Druckluftanlage möglichst günstig arbeiten zu lassen, muß das Steuerventil in nächster Nähe des Schalters oder auch direkt auf dem Kolben anmontiert werden. In die Zuführungsleitung vor dem Steuerventil sollte ferner ein Absperrventil eingebaut werden, welches bei Unterdruck die Druckluftleitung sperrt; denn es könnte sonst vorkommen, daß man zufällig mit dem nur langsam schließenden Schalter auf einen Kurzschluß trifft und die in den einleitenden Abschnitten erwähnten Überbeanspruchungen infolge mangelhaften Kontaktdruckes usw. als Folgeerscheinungen auftreten. Diese Möglichkeit ist wohl nur bei Verwendung von Durckluftflaschen gegeben. Bei den neu erstellten zentralen Drucklufterzeugungsanlagen wird durch selbsttätig arbeitende Steuereinrichtungen ein automatisches Wiederauffüllen der Hauptbehälter auf den geforderten Nenndruck von 10 oder 4,5 atü erreicht. Ein Versagen ist somit ausgeschlossen und evtl. Druckminderung wird durch besondere Signalisierung angezeigt.

Die Druckluftantriebe sind immer mit ihrem Normaldruck zu betätigen bzw. ist bei einem größeren Verwendungsbereich der Kolben der für das Schaltgerät vorgeschriebene Luftdruck anzuwenden. Ein Selbstschalter, der mit 4,5 atü als Normaldruck richtig arbeitet, wird mit 6 atü zu stark angetrieben. Die Folge bei zu hoch gewähltem Druck — man trifft in Betriebsanlagen um bis zu 100 % höhere Drücke — können mechanische Überbeanspruchungen, d. h. Herabsetzung der Lebensdauer der bewegten Schalterteile oder durch mechanische Prellungserscheinungen hervorgerufene Kontaktabhebung, d. h. Herabsetzung der Einschaltfestigkeit, sein. Es sollten deshalb immer die fabrikseitig vorgeschriebenen Werte im eigenen Interesse eingehalten werden.

Die besprochenen Antriebsarten sind auch zum Parallelschalten von Drehstrommaschinen voll verwendungsfähig, da normalerweise eine Zeit von 0,5 s zwischen Kommandogabe und Kontaktberührung für Synchronisierzwecke ausreicht. Die Zeit für die Einschaltung beträgt bei den kleineren Schaltern etwa 0,2 s und steigt bei Schaltung von größeren Geräten auf etwa 0,4 s.

Zusammenfassung.

Zur Fernbetätigung von Niederspannungs-Selbstschaltern sind bis zu den höchsten Nennströmen Antriebe entwickelt worden, von denen drei verschiedene Formen neuester Konstruktion beschrieben werden. Durch die Anwendung wertvoller neuer konstruktiver Gedanken sind Geräte entstanden, die allen Anforderungen zur Führung eines einwandfreien Betriebes genügen und durch ihre Ausführung ein Höchstmaß von Sicherheit gewährleisten. Jeder Antrieb zeigt eine Reihe besonderer Eigenschaften, die sein Anwendungsgebiet genau begrenzen. Hierbei ist besonders die Schalthäufigkeit zu beachten, für die sich Höchstwerte auch mit dem Druckluftantrieb erreichen lassen, der jedoch den Bau einer Druckluftanlage erfordert. Mit der Konstruktion von Wechselstrom-Magnetantrieben für Schalter bis 1000 A Nennstrom ist zweifellos ein Weg beschritten worden, der vielen Wünschen gerecht wird, da sie die geringsten Kosten für Zusatzteile erfordern und schalttechnisch einfach gestaltet sind. Der Schaltmotor vereinigt seine wertvollste Eigenschaft, das stoßfreie Arbeiten, wodurch die bewegten Schalterteile weitgehend geschont werden, mit der Möglichkeit, ohne zusätzliche Stromquellen auszukommen.

Digitized by Google

Elektrischer Kurzzeitmesser hoher Genauigkeit.

Von E. Tritschler VDE, Chemnitz.

DK 621.317.39 : 529.78

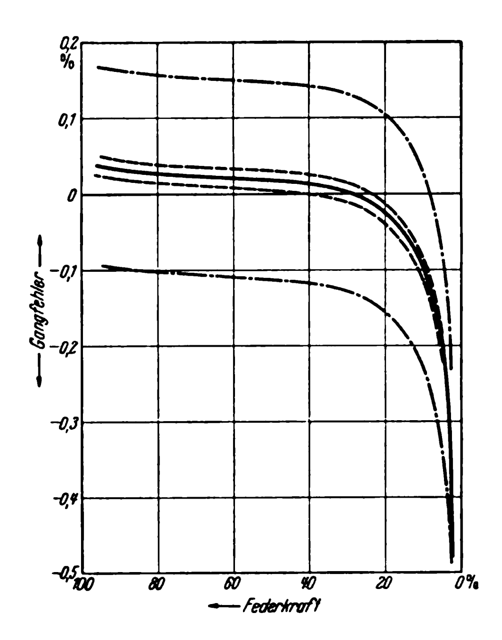
Übersicht. Zunächst wird auf den Synchronkleinmotor als Zeitelement hoher Genauigkeit für Kurzzeitmessungen hingewiesen. An Hand von Prüfergebnissen gebräuchlicher Stoppuhren werden dann deren Streufehlergrenzen gezeigt. Die für den Betrieb von Synchron-Kurzzeitmessern erforderliche Wechselstromquelle hoher Frequenzgenauigkeit als stimmgabelgesteuerter Röhrengenerator wird an Hand eines Prinzipschaltbildes beschrieben.

Die Technik bedient sich für ihre Kurzzeitmessungen in weitem Maße der Taschenstoppuhren, Taschenchronometer und, wo angängig in ortsfesten Anlagen, der Großstoppuhren hoher Präzision. Während diese Stoppuhren gewöhnlich $^1/_5$ s-Skalenteilungen besitzen, gestatten einige Ausführungsformen der Großstoppuhren auch Ablesungen in $^1/_{10}$ s.

Während der letzten Jahre haben die Synchron-Kleinmotoren als Zeitglied in den sogenannten Synchronuhren eine ungewöhnlich schnelle Anwendung gefunden in den Versorgungsgebieten von Elektrizitätswerken, die zeitgeregelte Frequenz fahren. Unter zeitgeregelter Frequenz wird hierbei verstanden, daß diese Werke ihre Frequenz derart steuern, daß der Zeitvergleich zwischen einem Synchronuhrenzeitwerk und einer Pendelganguhr hoher Genauigkeit im Tagesmittel bestimmte Zeitwerte nicht überschreitet bzw. betrieblich bedingte Abweichungen wieder ausgleicht. Im Tagesmittel ist daher die Zeitangabe der Synchronuhren sehr genau. Für Kurzzeitmessungen mit hohen Genauigkeitsansprüchen scheidet aber die aus den Betriebsnetzen der Elektrizitätswerke gespeiste Synchronuhr aus, da die Netzfrequenz bekanntlich dauernden Schwankungen unterworfen ist, die bis zu ± 1 % betragen können und in gleichem Maß sich bei Kurzzeitmessungen auswirken.

Im Synchron-Kleinmotor ist unabhängig von der Frequenzfrage ein Zeitelement hoher Genauigkeit gegeben, da jeder Halbwelle seiner Wechselstrom-Betriebsspannung eine eindeutige Läuferverdrehung um $^1/_1$ Polteilung entspricht. Damit aber ist es statthaft, mit dem Synchron-Kleinmotor Anzeigewerke anzutreiben, deren Skalen mindestens $^1/_1$ Polteilungs-Winkelverstellungen des Läufers abzulesen gestatten. Eine Betriebsspannung von 100 Polwechseln je Sekunde (50 Hz) gestattet somit an solchen Rollen- oder Zeigerwerken Ablesungen in $^1/_{100}$ s sicher vorzunehmen. Diese Ablesegenauigkeit ist aber bereits eine Größenordnung genauer als die der marktgängigen Großstoppuhren hoher Präzision. Unter der Voraussetzung genügend genauer Frequenz, wobei zur Erhöhung der Ablesegenauigkeit und der Gewichtsminderung auch höhere Frequenzen als die technische Frequenz von 50 Hz in Frage kommen, tritt somit der Synchron-Kurzzeitmesser nicht nur als Überwachungs- und Prüfgerät neben die bisherigen Prüfgeräte für die vorerwähnten Stoppuhren als Kurzzeitmesser hoher Genauigkeit, sondern er ist berufen, sie zu ersetzen, wegen seiner unvergleichlich überlegenen Eigenschaften (mechanisch unempfindlich; vielfach höhere Ganggenauigkeit; höhere Ablesegenauigkeit; Preiswürdigkeit).

Stoppuhren als Kurzzeitmesser sind in der Elektrizitätswirtschaft zu großer Bedeutung gelangt, insbesondere in den Prüfräumen der Werke für Relais und Elektrizitätszähler. Kurze Prüfzeiten bei den Messungen sind hierbei sowohl aus wirtschaftlichen Gründen wegen der Vielzahl der Messungen erwünscht als auch aus der Erkenntnis heraus, daß eine gewählte Belastungseinstellung während der Prüfung über einen kurzen Meßabschnitt als wahrscheinlicher konstant anzusprechen ist. Je kürzer aber die Prüfzeiten selbst sind, um so wichtiger werden die Überwachung des Betriebsverhaltens und die Genauigkeitsansprüche an die Stoppuhren. Die Ablesegenauigkeit einer Stoppuhr ist keineswegs ein Maß für ihre Anzeigegenauigkeit. Die vielgestaltigen Fehlereinflüsse sind im wesentlichen gekennzeichnet durch mechanische Lagerschäden, Ölveränderungen und Temperatureinflüsse, durch die mechanischen Anwurfmittel der Zeitwerke, in Eingriffsfehlern beim Kupplungsvorgang und den Festhaltebedingungen der Zeigerwerke. Der Unsicherheit der Stoppstreufehler überlagern sich, wie Abb. 1 es zeigt, noch die von der sich stetig ändernden Federkraft abhängigen Gangfehler.



–·–·–· bezogen auf eine Meßzeit von 100 s
– – – – bezogen auf eine Meßzeit von 1000 s

Abb. 1. Gangfehler einer Präzisions-Großstoppuhr mit $^1/_{10}$ s Ablesegenauigkeit und einem Stoppstreufehler von ± 0,13 s in Abhängigkeit von der Federkraft.

Unter Ausschaltung subjektiver Beobachterfehler wurden aus Reihenmessungen Fehlergrenzen gebräuchlicher Stoppuhrenausführungen ermittelt bei Federkräften zwischen $^1/_1$ und $^1/_4$ Aufzug. Für 100 s Sollwert lagen die Zeitfehler wie folgt:

$\Delta t = \pm 0{,}5$ s für Taschenstoppuhren mit $^1/_5$ s Ablesegenauigkeit
$\Delta t = \pm 0{,}5$ s für Taschenchronographen mit $^1/_5$ s Ablesegenauigkeit
$\Delta t = \pm 0{,}25$ s für Großstoppuhren mit $^1/_5$ s Ablesegenauigkeit
$\Delta t = \pm 0{,}15$ s für Großstoppuhren mit $^1/_{10}$ s Ablesegenauigkeit

Bei der Beurteilung dieser Fehlergrenzen ist wichtig, festzustellen, daß alle vorgenannten Uhrenformen bei

Digitized by Google

kleinen Federaufzugspannungen zu noch größeren Minderangaben neigen. Betragen die zulässigen Fehlergrenzen eines Elektrizitätszählers z. B. ± 2 % eines Sollwertes, so kann, sofern die Meßzeit etwa 100 s beträgt, allein durch die Zeitmessungen bereits eine Unsicherheit in die Messung des Absolutfehlers von 7,5 bis 25 % eingebracht werden! Es sei zur Vervollständigung nur darauf hingewiesen, daß der Zeitmessung bei der Prüfung der in den Zählerprüfräumen gebräuchlichen Normalzähler (Gleichlast- und Gleichwegeichzähler) eine noch vielfach höhere Bedeutung zukommt wegen der um praktisch eine Größenordnung kleineren Fehlergrenzen.

Die Notwendigkeit der Schaffung von Kurzzeitmessern als Überwachungs- und Betriebsmeßgeräte mit weit höherer Genauigkeit dürfte damit genügend dargestellt sein. Im Synchron-Kleinmotor ist das hierzu erforderliche Zeitelement der Meßtechnik bereits vorhanden. Es bedarf somit nur noch der Schaffung von Wechselstromquellen hoher Frequenzgenauigkeit. Konstante Frequenzen, die höchsten Anforderungen gerecht werden, stehen im ganzen Reich über die Leitungen der Reichspost von den Quarzuhren der PTR aus gesteuert gegen Gebührenentrichtung zur Verfügung. Für die Gebrauchsprüfungen der vorerwähnten Bedeutung scheidet dieser Weg heute noch aus wirtschaftlichen Gründen aus. Eines der anderen Mittel[1, 2]) zur Herstellung der für den Polwechselzähler als elektrischen Kurzzeitmesser erforderlichen konstanten Frequenz steht im stimmgabelgesteuerten Elektronenröhren-Generator zur Verfügung.

Abb. 2. Schaltbild des stimmgabelgesteuerten Röhrengenerators.

Den grundsätzlichen Schaltungsaufbau eines solchen Stimmgabelgenerators mit beispielsweise mechanischer Gitterpotentialsteuerung zeigt Abb. 2. Das Schaltbild läßt folgende Gliederung erkennen:

1. den Netzanschlußteil für die Heiz-, Gitter- und Anodenspannungen; 2. den Röhrengenerator mit a) dem Gitterpotentialstromkreis mit der Stimmgabelsteuerung, b) der Stimmgabelerregung und c) dem Wechselstrom-Nutzkreis, wobei die unter a) bis c) genannten Stromkreise bei Generatoren mit sehr hohen Genauigkeitsansprüchen und veränderlichen Nutzlasten zweckmäßig unabhängigen Röhrenkreisen zugewiesen werden und durch geeignete Kunstschaltungen die Anregung der Stimmgabel nur während den Schwingungs-Nulldurchgängen erfolgt. Der Netzanschlußteil hat den üblichen Aufbau.

Im Gitterstromkreis der Generatorröhre liegt eine prellfreie Kontakteinrichtung; der eine Pol dieses Kontaktes wird durch einen Schenkel der Stimmgabel dargestellt, während der andere Pol eine Blattfeder mit harter Kontaktniete ist. Die Blattfeder berührt in der Nullage gerade noch mit ihrem Vorspanndruck die Stimmgabel, während sie sich bei einer geringen Einwärtsschwingung der Stimmgabelschenkel gegen einen festen Anschlag legt und damit die Verbindung von der Stimmgabel zur Kontaktfeder unterbricht. Beim Auswärtsschwingen der Stimmgabelschenkel über die Nullage hinaus legt sich die Kontaktfeder infolge ihrer Vorspannung prellfrei an die Stimmgabel an und folgt ihr, bis diese beim Zurückschwingen wieder die Nullage überschreitet. Bei geschlossenem Kontakt liegt positives Potential am Gitter der Röhre. Der Anodenstrom durchfließt die Erregerspule der Stimmgabel, die zwischen den Schenkeln angeordnet ist, und zieht ihre Schenkel einwärts, die Kontakteinrichtung unterbricht die Zuleitung der positiven Gitterspannung und das Gitter erhält negatives Potential, wodurch der Anodenstrom und damit die Anregung der Stimmgabel unterbrochen wird. Hierdurch federn die Stimmgabelschenkel zurück, schließen den Steuerkontakt für die Gitterspannungen wieder und das Spiel wiederholt sich. Ein ohmscher Nebenwiderstand zur Erregerspule sorgt für die zur Anregung der Stimmgabel wichtige Phasenverschiebung des Erregerstromes zum Anodenstrom. Die Anregung der Stimmgabel erfolgt in dieser Anordnung ohne mechanischen Anstoß. An den Erregerkreis schließt sich ein ohmscher Widerstand an, dem ein Wechselstrom-Schwingungskreis in Stromresonanzschaltung parallel liegt, bestehend aus einer Kapazität und einer Induktivität, die von den im Nutzstromkreis liegenden Synchron-Kleinmotoren der elektrischen Kurzzeitmesser dargestellt wird. Während der Anodenstrom der Generatorröhre rechteckige Kurvenform hat, ist durch die Resonanzschaltung die Wechselstromkurvenform im Nutzstrom hinreichend sinusförmig, um einen sicheren Lauf der Synchronmotoren zu gewährleisten.

Die durch Zeitvergleich mit einer hochwertigen Pendeluhrenanlage beobachteten Frequenzschwankungen dieses Stimmgabelgenerators lagen in den Größenordnungen der Beobachtungsfehlergrenzen von ± 0,0002 %. Diese Frequenzfehler sind aber mehr als zwei Größenordnungen kleiner als die Gangfehler bester Präzisions-Großstoppuhren bei einer um eine Größenordnung genaueren Ablesemöglichkeit, die durch Erhöhung der Frequenz um eine weitere Größenordnung noch steigerungsfähig ist. Damit stellen die elektrischen Synchron-Stoppuhren eine wertvolle Bereicherung der Betriebsmeßgeräte für die Technik dar. Sie sind aber nicht ohne Reiz auch für solche der Technik etwas abseits liegenden Anwendungsgebiete, wobei an Kurzzeitmessungen im Sport gedacht sei in der Größenordnung von 10 s, für welche die bisherige Zeitnahme mit den zunehmend gleichmäßigen Leistungen der Athleten ein wachsendes Problem geworden ist und die Zeitnahme in $^1/_{100}$ s zur Notwendigkeit macht.

Zusammenfassung.

Für technische Kurzzeitmessungen mit hohen Genauigkeitsansprüchen stellt die Synchronstoppuhr in Verbindung mit einer Wechselstromquelle hoher Frequenzkonstanz, wie sie z. B. in einem stimmgabelgesteuerten Röhrengenerator gegeben ist, eine wertvolle Bereicherung für die Zeitmeßtechnik dar. Ihre Genauigkeit liegt gegenüber den üblichen Stoppuhren mit Unruhe- bzw. Pendelgangregler um mehr als eine Größenordnung höher bei gleichzeitig überlegenen mechanischen Eigenschaften.

[1]) Heyl, Pendeluhrenregulierte Maschinenfrequenz. Fachvortrag zur VDEW-Zählertagung 1939, Berlin.

[2]) Kluge u. Brasack, Stimmgabelgesteuerte Wechselumrichter mit Thyratronröhren. Fachvortrag zur Prüfämtertagung 1939, Berlin.

Digitized by Google

Einführung zu VDE 0448 „Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren".

Von W. Weicker VDE, Hermsdorf/Thür.

DK 621.315.62.001.4

Die Herabsetzung der Überschlagspannung von Freileitungsisolatoren durch Nebel und Tau, insbesondere bei verschmutzter oder anderweit mehr oder weniger leitend gewordener Oberfläche, ist für die Betriebssicherheit von Hochspannungsleitungen von großer praktischer Bedeutung. Genauere Feststellungen über die Erniedrigung der Überschlagsspannung und nähere Untersuchungen über die hierfür maßgebenden Gesichtspunkte sind schon seit längerer Zeit an verschiedenen Stellen[1]) im Gange. Dabei hat es sich als wünschenswert erwiesen, über die Durchführung und Bewertung derartiger Versuche einheitliche Grundsätze aufzustellen und für die Einrichtung entsprechender Prüfanlagen bestimmte Richtlinien zu geben. Der VDE hatte daher schon im Jahre 1935 einen besonderen Unterausschuß zur Sammlung aller einschlägigen Erfahrungen eingesetzt mit der Aufgabe, bestimmte Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluftisolatoren aufzustellen.

Wider Erwarten haben sich die Arbeiten dieses Unterausschusses trotz regster Mitwirkung der beteiligten Stellen über mehrere Jahre hingezogen, da sich die Nachprüfung verschieden stark verschmutzter, aus Betriebsleitungen ausgebauter Isolatoren und die Erfassung der für die Beurteilung ihres Überschlagverhaltens bei Nebel und Schmutz maßgebenden Gesichtspunkte doch als überaus schwierig erwiesen. Eine völlige Klärung aller in Betracht kommenden Verhältnisse war dabei zunächst überhaupt kaum möglich, zumal sich besonders bei einem Vergleich der versuchsmäßig erhaltenen Überschlagwerte mit den im Betrieb beobachteten Erscheinungen sogar teilweise gewisse Widersprüche ergaben. Infolgedessen kann auch der vorliegende 1. Entwurf der neuen Leitsätze wohl noch nicht als endgültig angesehen werden. Immerhin erschien seine weitere Zurückstellung deshalb untunlich, weil gerade bei Versuchen über das Verhalten nebelfeuchter, verschmutzter Isolatoren die Versuchsbedingungen einen ausschlaggebenden Einfluß insbesondere auf die Höhe der gemessenen Nebelüberschlagsspannung haben und daher eine Vereinheitlichung dieser Versuchsbedingungen dringend erwünscht ist.

Aus der großen Zahl der insbesondere bei Vergleichsversuchen als bedeutungsvoll erkannten und bei den Ausschußberatungen berücksichtigten Gesichtspunkte seien folgende hervorgehoben:

Art und Stärke der Verschmutzung des Isolators (Unterscheidung zwischen verschiedenen Verschmutzungsgraden).

Festlegung bestimmter Versuchsbedingungen für die künstliche Verschmutzung des Isolators.

Berücksichtigung eines gewissen Endzustandes durch wiederholte Verschmutzung ein und desselben Isolators.

Etwaige Berücksichtigung des Oberflächenwiderstandes des taufeuchten Isolators.

Art und Dauer der Vernebelung des Isolators nach vorangegangener Unterkühlung.

Schnelligkeit der Spannungssteigerung während des Überschlagversuches.

Verhalten des verschmutzten Isolators bei wiederholten Überschlägen in nebelfeuchtem Zustand und Ermittlung des Tiefstwertes der Nebelüberschlagspannung.

Etwaige Berücksichtigung der Größe des Ableitstromes und seine Abhängigkeit von der Form und Größe des Isolators.

Berücksichtigung etwaiger „Nebelstromstöße" zur Beurteilung des Isolators[2]).

Berücksichtigung etwaiger Verzerrungen der Stromkurve bei Einsetzen erster Vorentladungen.

Berücksichtigung derjenigen Spannung (Grenzspannung), bei der bei Nebel die ersten „unzulässigen" Vorentladungen auftreten.

Zu fordernde Mindestleistung des Prüftransformators.

Zu fordernder Mindestwert der Nebelüberschlagsspannung.

Festlegung und etwaige spätere Normung verschmutzungssicherer Isolatortypen.

Aus der großen Zahl dieser und weiterer, möglicherweise noch in Betracht kommender Gesichtspunkte sind in dem jetzt veröffentlichten Entwurf „Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren" zunächst nur diejenigen Begriffserklärungen und Bestimmungen aufgenommen, die zu einer vergleichsweisen Prüfung und Beurteilung verschiedener Isolatorentypen nach einheitlichen Gesichtspunkten unbedingt erforderlich erschienen. Über einige der oben erwähnten sonstigen Gesichtspunkte, z. B. Größe des Ableitstromes, Einsetzen von „unzulässigen Vorentladungen" oder über vorübergehende Stromstöße, sind zunächst noch keine Bestimmungen aufgenommen worden, da die bisher darüber vorliegenden Unterlagen noch nicht als genügend gesichert angesehen werden konnten bzw. noch keine bindenden Rückschlüsse auf das Betriebsverhalten der Isolatoren zulassen. Auch die in § 12 aufgenommene Bestimmung über den Mindestwert der Nebelüberschlagsspannung im Vergleich zur Betriebsspannung (Dreieckspannung) ist zunächst nur als Vorschlag zu werten, der noch näherer Nachprüfung bedarf.

Dabei sei noch besonders darauf hingewiesen, daß die in den neuen Leitsätzen vorgesehene Bestimmung über den Mindestwert der Nebelüberschlagspannung keinesfalls als Ersatz der Regenüberschlagspannung gedacht ist und deshalb auch nicht etwa als Typenprüfung bei der Abnahme von Isolatoren in Betracht kommt. Vielmehr gilt sie als einmalige „Modellprüfung", um das grundsätzliche Verhalten der betreffenden Isolatortype unter ungünstigsten Betriebsverhältnissen festzustellen und Unterlagen für die Durchbildung besonderer verschmutzungs- und nebelsicherer Isolatoren zu erhalten.

Schrifttum.

1. E. Sylvan: „Något om salt som isolatorförstörare". Tekn. T. (1923) S. 215.
2. W. Weicker: „Einiges über Salz als Isolatorenzerstörer". Mitt. VEW 23 (1924) Nr. 361, S. 174.

[1]) Siehe Schrifttumverzeichni am Schluß.

[2]) In der Arbeit von J. S. Forrest (vgl. Nr. 32 des Schrifttumverzeichnisses) als „fog surges" bezeichnet.

Digitized by Google

3. W. Weicker: „Welche Gefahren drohen Freileitungs-Isolatoren und welche Schutzmittel gibt es dagegen". Mitt. VEW 22 (1923) S. 24.

4. A. Peucker: „Elektrotechnische Betriebserfahrungen bei der Großkraftversorgung". ETZ 46 (1925) S. 69.

5. A. Montandon u. Le Moigne: Cigre-Ber. Paris (1927). — Rev. gén. Electr. 22 (1927) S. 217. — ETZ 49 (1928) S. 761.

6. Schweppenhäuser: „Verhalten von Freileitungen bei Salzablagerungen unter dem Einfluß der Meeresnähe". VDE-Fachber. 3 (1928) S. 25.

7. K. Draeger: „Rosenthal-Bahnisolatoren". ETZ 49 (1928) S. 343.

8. K. Draeger: „Lichtbogensicherheit von Hochspannungs-Isolatoren". ETZ 49 (1928) S. 785 — Ros. Mitt. (1929) H. 15, S. 5.

9. „Rußniederschläge auf Bahnisolatoren". Stemag-Nachr. 1928 H. 2, S. 27.

10. H. Bechdoldt: „Untersuchungen von Isolatoren bei starker Verschmutzung". ETZ 49 (1928) S. 331 und Hescho-Mitt. (1928) H. 38, S. 18.

11. B. L. Goodlet u. J. B. Mitford: „L'influence des conditions atmosphériques sur le fonctionnement des isolateurs". Cigre-Ber. Paris (1929). — Electrician (1929) S. 91.

12. A. Montandon u. G. Gravier: Cigre-Ber. Paris (1929). — ETZ 51 (1930) S. 1783.

13. Sten Velander: „Porzellanisolatoren und Isolatorenporzellan". Ing. Vetensk. Akad. Handl. Nr. 90, S. 17. — ETZ 50 (1929) S. 1852.

14. B. L. Goodlet: J. Instn. electr. Engrs. 67 (1930) S. 1177 u. 1209. — ETZ 52 (1931) S. 48.

15. „Neue Versuchseinrichtung zur Prüfung verschmutzter Isolatoren unter Nebel". Hescho-Mitt. (1930) H. 51, S. 35. — ETZ 52 (1931) S. 273.

16. R. J. C. Wood: „Spray and Fog tests on 220 kV-Insulators". Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 49 (1930) S. 9. — ETZ 52 (1931) S. 117.

17. A. Montandon u. G. Gravier: „Amélioration apportée à l'isolement de lignes à haute tension soumises à des dépôts". Cigre-Ber. Nr. 19 Paris (1931). — ETZ 54 (1933) S. 355.

18. P. J. Ryle: „Two transmission-line problems". J. Instn. electr. Engrs. 69 (1931) S. 805. — ETZ 53 (1932) S. 1131.

19. Har. Müller: „Hängeisolatoren für schwierige Betriebsverhältnisse". Hescho-Mitt. (1931) H. 56, S. 1. — ETZ 52 (1931) S. 273.

20. P. J. Ryle: „Transmission lines (Suspension insulators for industrial areas)". Electrician (1931) Nr. 2750, S. 242.

21. C. Stoerk: „Bemerkungen zur Entwicklung von Isolatorenformen für Hochspannungsleitungen bei ungünstigen Betriebsbedingungen". VDE-Fachber. 5 (1931) S. 95. — Stemag-Nachr. (1931) H. 9.

22. W. Weicker: „Zur Geschichte des Freileitungs-Isolators" in „Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik." Bd. III. Verlag Julius Springer, Berlin, 1932, S. 19 u. 64.

23. F. Obenaus: „Über die Bewährung von Hescho-Sonderisolatoren in Leitungen mit starker Verschmutzungsgefahr". Hescho-Mitt. (1932) H. 64/65, S. 1.

24. F. Obenaus: „Der Einfluß von Oberflächenbelag (Tau, Nebel, Salz und Schmutz) auf die Überschlagspannung von Isolatoren". Hescho-Mitt. (1933) H. 70, S. 1.

25. L. Bernard-W. Weicker: „Isolationsstörungen". ETZ 55 (1934) S. 145.

26. Draeger u. Hosch: „Isolatoren für Gebiete mit starken Schmutzablagerungen". Cigre-Ber. Nr. 129, Paris (1933).

27. P. Schuep u. M. Sollima: „Essais sur isolateurs souillés". Cigre-Ber. Nr. 56, Paris (1933).

28. R. van Cauwenberghe u. G. de Landsberg: „Essais d'isolateurs dans le brouillard et en atmosphère humide". Cigre-Ber. Nr. 56, Paris (1933).

29. W. J. John u. F. M. Sayers: „Transmission-Line insulators under deposit conditions". J. Instn. electr. Engrs. Nr. 77 (1935) S. 629. — ETZ 57 (1936) S. 196.

30. Süberkrüb: „Nebelüberschlagsversuche an verschmutzten Isolatoren". ETZ 56 (1935) S. 955.

31. F. Obenaus: „Die Überschlagspannung verschmutzter Isolatoren". — ETZ 56 (1935) S. 369.

32. J. S. Forrest: „The electrical characteristics of 132 kV Line insulators under various weather conditions". J. Instn. electr. Engrs. 78 (1936) S. 401. — ETZ 58 (1937) S. 45.

33. C. W. Marshall: „Résultats expérimentaux des essais des isolateurs entrepris sur le Grid Anglais". Cigre-Ber. Nr. 203, Paris (1937).

34. J. M. de Oriol Y. Urquijo u. J. Molina: „L'isolation des lignes à haute tension dans la région occidentale du Maroc espagnol". Cigre-Ber. Nr. 209, Paris (1937).

35. Süberkrüb: „Nebelüberschlagsichere Isolatoren". Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 235.

36. Josse: „De l'influence des conditions atmosphériques sur le fonctionnement des lignes de transmission d'énergie à haute tension". Rev. gén. Electr. 45 (1939) S. 655.

37. J. S. Forrest u. C. M. Marshall: „Experience with insulation on the British Grid System". Cigre-Ber. Nr. 205, Paris (1939).

38. W. Wanger: „La tension de contournement sous ondes de choc de différentes durées des isolateurs salis et sous pluie". Cigre-Ber. Nr. 209, Paris (1939).

39. W. Estorff: „Die Bemessung der Isolation elektrischer Hochspannungsanlagen". — ETZ 60 (1939) S. 825 und 860.

40. W. J. John u. H. W. Clark: „Testing of transmission-line insulators under deposit conditions". J. Instn. electr. Engrs. (zunächst nur als Vorabdruck erschienen).

41. C. Granborg: „Gamla och nya isolatorkonstruktioner". Tekn. T. 69 (1939) S. 93.

Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren.

VDE-Ausschuß für Isolatoren.

DK 621.315.62(083.133)

VDE 0448.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 31. Oktober 1939.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1

Geltungsbeginn.

Diese Leitsätze treten am .... in Kraft[1]).

[1]) Genehmigt durch ....

§ 2

Geltungsbereich.

Prüfungen nach diesen Leitsätzen dienen zur Ermittlung des Verhaltens von Isolatoren bei Verschmutzung und Nebel und brauchen nur einmal für jede Isolatorform ausgeführt zu werden. Sie können nicht als Typenprüfungen bei Abnahmen verlangt werden.

II. Begriffserklärungen.

§ 3

Verschmutzungszustand.

Die der Nebelprüfung zu unterwerfenden Isolatoren werden je nach Verschmutzungszustand eingeteilt in:

a) gesäuberte Isolatoren, d. h. solche, deren Oberfläche gesäubert und zur Erzielung allseitiger Benetzbarkeit entfettet ist [vgl. § 6].

b) leicht verschmutzte Isolatoren, d. h. solche, die nach längerer Betriebsdauer nicht nennenswert verschmutzt sind und deren Oberflächenschicht schlecht leitfähig ist, bzw. die im Prüffeld gleichwertig verschmutzt sind [vgl. §§ 9 und 12].

c) stark verschmutzte Isolatoren, d. h. solche, die schon nach kurzer Betriebsdauer eine starke Verschmutzung haben, bzw. im Prüffeld gleichwertig verschmutzt sind [vgl. §§ 9 und 12].

d) Isolatoren mit gut leitenden Salzniederschlägen bzw. solche, die im Prüffeld einen entsprechenden Salzüberzug erhalten.

Digitized by Google

§ 4

Nebelüberschlagspannung.

Nebelüberschlagspannung ist der Effektivwert der Wechselspannung, bei dem der Isolator bei Vernebelung im Prüffeld durch eine Lichtbogenentladung zwischen seinen Endelektroden überbrückt wird.

Die Höhe der Nebelüberschlagspannung hängt von den Versuchsbedingungen (u. a. vom Grad der Verschmutzung und Vernebelung, von der Geschwindigkeit der Spannungssteigerung, von der Dauer der Spannungsbeanspruchung usw.) ab.

Tiefstwert der Nebelüberschlagspannung bei einem bestimmten Verschmutzungsgrad ist der niedrigste Wert, den die Nebelüberschlagspannung bei mehreren aufeinanderfolgenden Überschlägen hat.

§ 5

Ableitstrom.

Der Ableitstrom eines Isolators ist der Wirkstrom, der über die Isolatoroberfläche nach Erde fließt. Bei Nebelversuchen kann statt dessen der nach Erde fließende Gesamtstrom gemessen werden, der den geringfügigen kapazitiven Blindstrom mitenthält.

III. Bestimmungen.

A. Vorbehandlung der Isolatoren.

§ 6

Säuberung.

Zur Erzielung allseitiger Benetzbarkeit sind die Isolatoren mit einem schmutz- und fettlösenden, verseifenden Reinigungs- bzw. Scheuermittel sorgfältig zu säubern, von Fett zu befreien und gründlich mit Leitungswasser oder besser Regenwasser abzuspülen. Benzin, Benzol, Alkohol, Äther, Trichloraethylen oder dgl. dürfen als Reinigungsmittel nicht verwendet werden.

§ 7

Abkühlung.

Die der Nebelprüfung zu unterwerfenden Isolatoren sind soweit abzukühlen, daß ihre Temperatur etwa 15 bis 20° unter der Temperatur der Nebelkammer, jedoch nicht unter 0°, liegt. Die erforderliche Dauer der Abkühlung hängt von der Scherbenstärke des Isolators und von dem Unterschied der Temperaturen des Isolators und der Kühlkammer ab. Im allgemeinen genügen 2 bis 3 h, um den Isolator bis ins Innere gut zu durchkühlen. Zur Nachprüfung der Durchkühlung sind zweckmäßig in die Kühlkammer etwa in gleicher Höhe mit dem Isolator einige Porzellanplatten einzuhängen (Durchmesser 150 mm, Dicke je nach Scherbenstärke des Isolators 20, 40, 60 bzw. 80 mm). Diese Probekörper sind mit einer radialen Bohrung von etwa 10 mm Dmr. zur Aufnahme eines Thermometers zu versehen, die gut wärmeisolierend abzuschließen ist.

§ 8

Vernebelung.

Die nach § 7 unterkühlten Isolatoren sind in eine Nebelkammer zu bringen, in der durch Einblasen von Dampf- oder feinstverteiltem Wassernebel, oder von beiden gleichzeitig, eine relative Luftfeuchtigkeit von annähernd 100% erzeugt worden ist. Nach dem Einbringen des Isolators soll die erforderliche Luftfeuchtigkeit nur noch durch Einblasen von Dampf aufrechterhalten werden, der den Isolator aber nicht unmittelbar treffen darf.

Die Leitfähigkeit des durch die Sprühdüse zugeführten Wassers soll nicht über 500 μS cm^{-1} betragen. Auf dem Isolator wird ein allseitiger und gleichmäßiger Vollbelag von Tau erreicht, wenn Tropfenbildung an den Schirmrändern einsetzt. Hierzu werden im allgemeinen etwa 15 min ausreichen.

§ 9

Verschmutzung.

Die Verschmutzung nach § 3b) und c) ist folgendermaßen vorzunehmen: Zunächst sind die Isolatoren nach § 7 abzukühlen und nach § 8 zu vernebeln. Darauf ist die Verschmutzung in betriebsmäßiger Lage des Isolators durch Einblasen von feinst verteiltem Staub vorzunehmen (Mischung von etwa 75 Gewichtsteilen Braunkohlen-Flugasche und 25 Gewichtsteilen Portlandzement).

Mindestens 50 Gewichtsteile des Staubes sollen eine Korngröße unter 0,2 mm haben. Der Nachweis ist an einer Probe von etwa 100 g mittels Prüfsiebgewebe 0,20 (l = 0,20 mm Maschenweite) nach DIN 1171, Blatt 1, zu erbringen.

Die Leitfähigkeit einer Mischung von 5 Gewichtsteilen Staub und 95 Gewichtsteilen destillierten Wassers soll nach 24-stündigem Stehen und anschließendem Umrühren etwa 4000 bis 8000 μS cm^{-1} betragen. Der in Höhe der Isolatormitte sich ablagernde Schmutzniederschlag auf einer ebenen Platte von 100 cm^2 Fläche soll für jede Verschmutzung etwa 0,5 g betragen.

Der Verschmutzungsstaub ist in den oberen Teil einer Verschmutzungskammer mit Druckluft während 15 min so einzublasen, daß er im wesentlichen von oben einfällt. Während des Einblasens des Staubes ist der Isolator mit vernebelter Oberfläche an eine praktisch sinusförmige Wechselspannung gleich der betriebsmäßigen Beanspruchung gegen Erde anzulegen.

Dieser Verschmutzungsvorgang ist nach § 12 entsprechend oft zu wiederholen.

Die leichte Verschmutzung nach § 3b) kann durch einen einzigen Verschmutzungsvorgang nach § 12 vorgenommen werden.

B. Spannungsprüfung der Isolatoren.

§ 10

Bestimmung der Nebelüberschlagspannung

Zur Bestimmung der Nebelüberschlagspannungen nach § 4 ist der nach § 6 oder § 9 vorbehandelte bzw. betriebsmäßig verschmutzte Isolator nach § 7 abzukühlen und nach § 8 im spannungslosen Zustand und in betriebsmäßiger Lage zu vernebeln. Nach Erreichen des Vollbelages ist Spannung anzulegen und so schnell, wie es die Ablesegenauigkeit gestattet, mindestens aber um 5 kV/s, bis zum Überschlag zu steigern. Die Überschläge sind in gleicher Weise in Abständen von je 1 min so oft zu wiederholen, bis die Werte der Nebelüberschlagspannung eindeutig ansteigen. Der Tiefstwert nach § 4 ist maßgebend.

Im allgemeinen ist die Streuung der Nebelüberschlagspannung erheblich, z. B. weit größer als die der Regenüberschlagspannung nach § 6 von VDE 0446/1929 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an".

§ 11

Prüftransformator und Spannungsmessung.

Der Prüftransformator muß bei einer Spannung gleich der Nebelüberschlagspannung einen Strom von mindestens 0,3 A auf der Oberspannungsseite abgeben können.

Die Überschlagspannung ist tunlichst mit einer Einrichtung zu messen, die den unmittelbar vor dem Überschlag bestehenden Spannungswert auf der Oberspannungsseite angibt.

§ 12

Mindestwert der Nebelüberschlagspannung bei mehrfacher Verschmutzung.

Bei den nach § 9 verschmutzten Isolatoren ist der jeweilige Tiefstwert [vgl. § 10] der Nebelüberschlagspannung für den Fall starker Verschmutzung [vgl. § 3c)] nach dem 1., 2., 3., 5. und 8. Verschmutzungsvorgang zu bestimmen, jedenfalls so häufig, bis die Überschlagspannung mit wachsender Zahl der Verschmutzungen nicht mehr nennenswert abnimmt (Absinkkurve).

Die Nebelüberschlagspannung soll nach dem 8. Verschmutzungsvorgang wenigstens 40% über der Betriebsspannung (Dreieckspannung) liegen.

Digitized by Google

Normen für Hartpapier und Hartgewebe.

VDE-Ausschuß für Isolierstoffe.

DK 621.315.614 **Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.** September 1939

Isolierstoffe

Hartpapierrohr, Hartgeweberohr gewickelt, nicht nachgepreßt

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 607

Einspruchsfrist: 20. Oktober 1939

Bezeichnung von Hartgeweberohr aus Grobgewebe, Baumwolle (G)[1]) von 35 mm Innendurchmesser und 45 mm Außendurchmesser:

Hartgeweberohr G 35 × 45 VDE 607

Bezeichnung von 100 m Hartpapierrohr[2]) von 10 mm Innendurchmesser und 12 mm Außendurchmesser:

100 m Hartpapierrohr 10 × 12 VDE 607

Bezeichnung von 100 Hartgeweberohr-Abschnitten aus Feingewebe, Zellwolle (FZ)[1]) von 35 mm Innendurchmesser, 45 mm Außendurchmesser und 105 mm Länge:

100 Stück Hartgeweberohre FZ 35 × 45 × 105 VDE 607

Bei Bestellung sind Innen- und Außendurchmesser anzugeben; Bestellungen nach Wanddicke und Gewicht sind zu vermeiden.

1. Innendurchmesser

Maße in mm

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Nennmaß	Zul. Abw.	Nennmaß	Zul. Abw.	Nennmaß	Zul. Abw.	Nennmaß	Zul. Abw.	Nennmaß	Zul. Abw.
(0,5)		(11,5)		(37)	± 0,19	(95)	± 0,48	250	± 1,25
(0,8)		12		38	± 0,19	(98)	± 0,49	(260)	± 1,30
1		(12,5)		40	± 0,20	100	± 0,50	(270)	± 1,35
1,2		13		42	± 0,21	(105)	± 0,53	(280)	± 1,40
1,5		(13,5)		(44)	± 0,22	110	± 0,55	(290)	± 1,45
1,8		14		45	± 0,23	(115)	± 0,58	300	± 1,50
2		(14,5)		(46)	± 0,23	120	± 0,60	(310)	± 1,55
2,2		15		(47)	± 0,24	(125)	± 0,63	(320)	± 1,60
2,5		16		48	± 0,24	130	± 0,65	(330)	± 1,65
2,8		17		50	± 0,25	(135)	± 0,68	(340)	± 1,70
3		18		(52)	± 0,26	140	± 0,70	350	± 1,75
3,5		19		55	± 0,28	(145)	± 0,73	(360)	± 1,80
4		20		(58)	± 0,29	150	± 0,75	(370)	± 1,85
4,5	± 0,15	21	± 0,15	60	± 0,30	(155)	± 0,78	(380)	± 1,90
5		22		(62)	± 0,31	160	± 0,80	(390)	± 1,95
5,5		(23)		65	± 0,33	(165)	± 0,83	400	± 2,00
6		24		(68)	± 0,34	(170)	± 0,85	(410)	± 2,05
6,5		25		70	± 0,35	175	± 0,88	(420)	± 2,10
7		26		(72)	± 0,36	(180)	± 0,90	(430)	± 2,15
7,5		(27)		75	± 0,38	(185)	± 0,93	(440)	± 2,20
8		28		(78)	± 0,39	(190)	± 0,95	450	± 2,25
8,5		30		80	± 0,40	(195)	± 0,98	(460)	± 2,30
9		32	± 0,16	(82)	± 0,41	200	± 1,00	(470)	± 2,35
9,6		(33)	± 0,17	85	± 0,43	(210)	± 1,05	(480)	± 2,40
10		34	± 0,17	(88)	± 0,44	(220)	± 1,10	(490)	± 2,45
(10,5)		35	± 0,18	90	± 0,45	(230)	± 1,15	500	± 2,50
11		36	± 0,18	(92)	± 0,46	(240)	± 1,20	600	± 2,50

Die Innendurchmesser entsprechen der Normaldurchmesserreihe nach DIN 3*); die eingeklammerten Werte sind jedoch möglichst zu vermeiden.

Bei den Innendurchmessern von 0,5 bis 6 mm sind Zwischenwerte in Stufen von 0,1 mm lieferbar, jedoch möglichst zu vermeiden.

Hartgeweberohre aus Feingewebe werden erst ab 4 mm Innendurchmesser, Hartgeweberohre aus Grobgewebe erst ab 20 mm Innendurchmesser hergestellt.

Für Hartgeweberohre aus Grobgewebe gilt als kleinstes Maß der zulässigen Abweichung vom Innendurchmesser ± 0,30 mm.

2. Außendurchmesser

Die Außendurchmesser sind nicht genormt, weil praktisch jeder gewünschte Wert eingehalten werden kann. Für die Außendurchmesser gelten folgende Toleranzen:

1	2	3	4	5	6
Hartpapierrohr		Hartgeweberohr aus Grobgewebe		Hartgeweberohr aus Feingewebe	
Außendurchmesser mm	zul. Abw.	Außendurchmesser mm	zul. Abw.	Außendurchmesser mm	zul. Abw.
bis 40	± 0,2 mm	bis 100	± 1 mm	bis 60	± 0,3 mm
über 40 bis 500	± 0,5 %	über 100 bis 250	± 1 %	über 60 bis 500	± 0,5 %
über 500	± 2,5 mm	über 250	± 2,5 mm	über 500	± 2,5 mm

3. Wanddicke

Die nachstehenden Wanddicken sind Mindestwerte, die aus Herstellungsgründen bei den angegebenen Innendurchmessern und Rohrlängen nicht unterschritten werden können.

a) Hartpapierrohr:

Maße in mm

1	2	3	4	5	6
Innendurchmesser	Mindest-Wanddicke bei Rohrlängen				
	bis 300	über 300 bis 500	über 500 bis 700	über 700 bis 1000	über 1000
0,5 bis 8	0,2	—	—	—	—
über 8 bis 20	0,2	0,3	0,5	1	2
„ 20 „ 30	0,3	0,3	0,5	1	2
„ 30 „ 100	0,5	0,5	0,5	1	2
„ 100 „ 200	1	1	1	1	2
„ 200 „ 300	1,5	1,5	1,5	1,5	2
„ 300	2	2	2	2	2

b) Hartgeweberohr aus Grobgewebe:

Mindestwanddicke 5 mm für alle Innendurchmesser und Rohrlängen.

c) Hartgeweberohr aus Feingewebe:

Mindestwanddicke 2,5 mm für alle Innendurchmesser und Rohrlängen.

4. Länge

Die Rohre werden in Herstellängen geliefert. Aufteilungslängen und Fertiglängen sind besonders zu vereinbaren.

Für Fertiglängen gelten folgende Toleranzen:

1	2	3	4
Hartpapierrohr		Hartgeweberohr (aus Grob- und Feingewebe)	
Außendurchmesser mm	Länge zul. Abw.	Außendurchmesser mm	Länge zul. Abw.
bis 100	± 0,5 mm	alle Werte	± 2 mm
über 100 bis 1000	± 0,5 % des Außendurchm.		
über 1000	± 5 mm		

Kleinere Abweichungen sind besonders zu vereinbaren.

5. Ausführung

Für lackierte Rohre gelten die zulässigen Abweichungen der Innen- und Außendurchmesser unter Ziffer 1 und 2 nicht; sie liegen im allgemeinen höher und sind gegebenenfalls bei Bestellung zu vereinbaren.

Übliche Farbe: naturfarbig braun.

Übliche Oberflächenbeschaffenheit: glatt.

Andere Farben oder Oberflächenbeschaffenheiten sind bei Bestellung zu vereinbaren.

Hartpapierrohre und Hartgeweberohre, gewickelt, müssen VDE 0318 „Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe" entsprechen; abweichende Eigenschaften sind bei Bestellung zu vereinbaren.

Rohwichte: etwa 1,3 kg/dm³ (Richtwert).

[1]) Hartgeweberohre können sowohl aus Feingewebe (F = Feingewebe aus Baumwolle, FZ = Feingewebe aus Zellwolle; mehr als 2 Lagen je Millimeter Wanddicke) als auch aus Grobgewebe (G = Grobgewebe aus Baumwolle, GZ = Grobgewebe aus Zellwolle; bis 2 Lagen je Millimeter Wanddicke) hergestellt werden. Die Eigenschaften entsprechen jedoch nicht denen der Klassen F bzw. FZ und G bzw. GZ von Hartgewebeplatten nach VDE 0318 „Leitsatze für Hartpapier und Hartgewebe".

[2]) Für Hartpapierrohr werden keine Klassen unterschieden.

*) In Neubearbeitung.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrische Maschinen.

DK 621.315.612.6 : 621.313

Glasfäden als Isolierstoff für elektrische Maschinen. [Nach W. Büssing, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 377; 3 S., 7 Abb.]

Vorteilhaft ist für elektrische Maschinen ein Isolierstoff, der höhere Temperaturen als z. B. Baumwolle dauernd aushalten kann, da dadurch die Möglichkeit gegeben ist, die aktiven Baustoffe der elektrischen Maschine besser auszunutzen und ihre Lebensdauer zu erhöhen. Glasfäden von etwa 5 μ Durchmesser scheinen den Anforderungen gewachsen zu sein, die man an Isolierstoffe im Elektromaschinenbau stellen muß. Sie haben gegenüber Asbest den Vorzug, daß zu ihrer Herstellung nur heimische Rohstoffe verwendet werden und daß der Isolationsauftrag voraussichtlich geringer sein wird. Die physikalischen Eigenschaften der Glasfasern werden besprochen. Die Zerreißfestigkeit der Fasern, die der Dehnung proportional ist, nimmt mit abnehmender Fadenstärke zu und erreicht bei 8 μ Durchmesser etwa 80 kg/mm², die von Glasgespinstbändern ist etwa 2 bis 4mal so groß als die von Baumwollbändern. Durchschlagfeldstärke und Isolationswiderstand von Glasbändern liegen etwas höher als die entsprechenden Werte bei Baumwollbändern. Schwierigkeiten bereitet es noch, die Glasfäden haftfest auf den Leiter zu bringen, da die Fäden sehr glatt sind und sich daher leicht verschieben. Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, kann man den Draht umklöppeln oder den Glasfaden mit einem geeigneten Kleblack an den Leiter kleben. Der Preis der mit Glasfäden isolierten Drähte liegt noch nicht fest, wird aber voraussichtlich nicht höher als der von Asbestdraht sein. Eine Überschlagsrechnung zum Schluß ergibt, daß der Wirkungsgrad hoch ausgenutzter Maschinen nicht wesentlich schlechter wird, wenn die höhere Ausnutzung gleichmäßig auf Leiter und Eisen verteilt wird. *eb.*

DK 621.315.612.6 : 621.313.1

Asbest- und Glasfaserisolation im Maschinenbau. [Nach K. N. Mathes und H. J. Stewart, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect. S. 290; 4½ S., 7 Abb.]

Die Erzeugung von Glasfaser aus alkalifreiem, elektrisch hochwertigem Glas eröffnet der Glasisolierung in der Elektrotechnik neue Anwendungsmöglichkeiten. Insbesondere sind die Fäden dort geeignet, wo eine gute Temperaturbeständigkeit und eine geringe Änderung durch große Feuchtigkeit erwünscht ist. Für die Wicklung von Magneten, die hohen thermischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, verwandte man bisher ausschließlich Asbest. Hier tritt Glasfaser in der Form als Stapelfaser oder als endloser Faden als neuer Werkstoff hinzu. Die Oberfläche der Glasfaser, Durchmesser etwa 5 μ, ist besonders empfindlich gegen Risse und wird deshalb durch ein Mittel, das gleichzeitig die einzelnen Fäden bindet und gleitende Eigenschaften besitzt, geschützt. Als Bindemittel für die Glasgespinstfäden verwendet man zur Zeit noch einen hygroskopischen Werkstoff, der die elektrischen und physikalischen Eigenschaften verschlechtert. Darüber hinaus wirkt das Bindemittel meist ein wenig korrodierend auf die Kupferoberfläche des mit Glas isolierten Drahtes. Garn aus Stapelfaser wird um den Kupferdraht gesponnen, bindet infolge seiner verhältnismäßig rauhen Oberfläche und verträgt eine größere Dehnung als Endlosgarn. Bespinnung aus Endlosgarn hält dagegen dem Abrieb besser stand und sieht äußerlich glatter aus. Die elektrische Festigkeit von Asbest- und Glasfaserisolation nach einer Vorbehandlung von einem Monat bei 170 bis 180° betrug bei Raumtemperatur und 50% rel. Luftfeuchtigkeit für Asbest 21 kV/cm, für Glasfaser 45 kV/cm. *Ptf.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.17.027.3 : 621.315.668.1

110 kV Holzmastleitung. [Nach A. E. Davison, Electrician 121 (1938) S. 461; 4 S., 4 Abb.]

Auf Grund 10-jähriger Erfahrungen mit Holzmasten für 13 bis 26 kV-Leitungen wurde diese insgesamt 120 km lange Leitung von Nipigon nach Port Arthur (Kanada) gebaut und 1920 in Betrieb genommen. Für die Maste wurde westkanadische Zeder verwendet, für die Traversen unbehandelte British-Columbia Tanne; nur die Mastfüße wurden mit Öl getränkt. Verlegt wurden: 3 Aluminium-Leiter, 107,2 mm², gespannt mit 1315 kg bei — 1° C, 1,3 cm Eisstärke und 39 kg/m² Wind, 1 verzinktes Stahlerdseil, 7×2,4 mm Dmr., gespannt mit 953 kg, 2 Stahltelephonseile, 3×2,4 mm Dmr., gespannt mit 544 kg. Normale Spannweite 99 m, maximaler Durchhang der Leiterseile 1,5 m bei + 16° C. Jeder fünfte Mast ist geerdet, wobei das Erdungsseil rd. ¾ m vom Mast entfernt an das Erdseil mittels Klemmen sorgfältig angeschlossen, ungefähr in Höhe der Telephontraverse durch einige Windungen Bindedraht am Mast befestigt und entlang desselben in die Erde (Abb. 1) geleitet

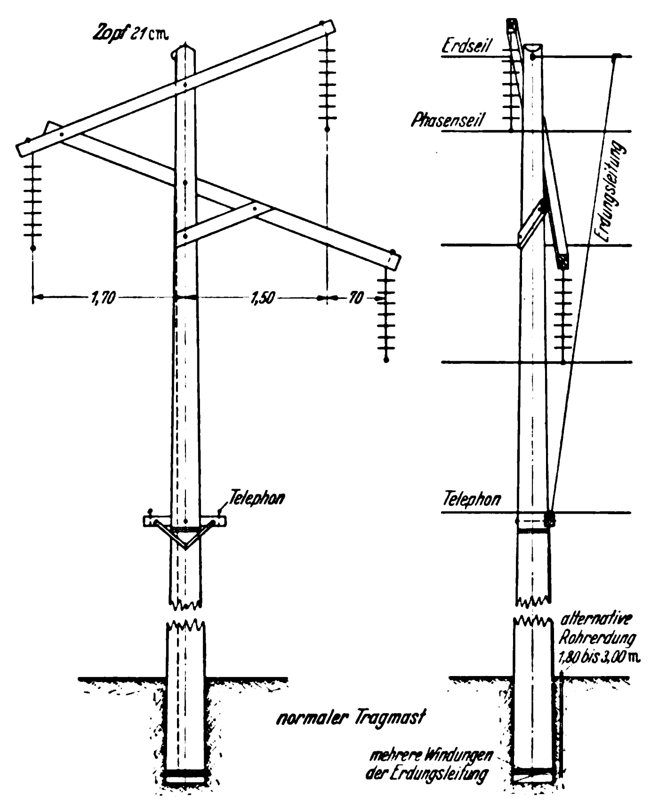


Abb. 1. Tragmast der 110 kV Holzmastleitung von Nipigon nach Port Arthur (Kanada).

wird[1]). Auf je 3,2 km ist ein Holzportalabspannmast vorgesehen, der mittels Seilen verspannt ist. Von 1920 bis 1924 arbeitete diese Holzmastleitung in jeder Hinsicht zufriedenstellend. Um diese Zeit wurde infolge erhöhten Strombedarfes eine im Abstand von 18 m parallel laufende Leitung auf Stahlmasten errichtet mit der üblichen Traversenkonstruktion in Tonnenform; hierfür wurden 6 Kupferseile von 107,2 mm² genommen, ein Erdseil wurde vorläufig nicht verlegt. Diese Stahlmaste weisen bei einer Normalspannweite von 253 m eine durchschnittliche Höhe von 17 m gegen 10 m für die Holzmaste auf. Diese Stahlmastleitung wirkt offensichtlich abschirmend auf die Holzmastleitung, denn während die Stahlmastleitung in den ersten drei Jahren 4,7 Blitzschäden jährlich auf 100 km aufwies, arbeitete die Holzmastleitung auch weiterhin einwandfrei. Nach erfolgter Verlegung eines Erdseiles entfielen in der Folgezeit nur noch 1,9 Blitzschäden jährlich auf 100 km der Stahlmastleitung. Die Holzmastleitung verzeichnete in den 17½ Jahren nur 0,26 Störungen jährlich auf 100 km, die aber sämtlich auf Mängel in der Ausführung der Leitung selbst zurückzuführen sind. Ähnliche günstige Ergebnisse zeigte eine Reihe kleinerer und ungefähr zur selben Zeit erbauten Holzmastleitungen. *ir.*

[1]) Grünewald, „Erdseile bei Freileitungen und ihre Erdung" ETZ 48 (1936) S. 1373.

Digitized by Google

DK 621.316.933.6.001.4

Prüfung und Anwendung von Überspannungsableitern. [Nach Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect. S. 68; 4 S., 3 Abb.]

Der Aufsatz enthält im ersten Teil Empfehlungen des AIEE-Unterausschusses für Überspannungsableiter, bezüglich gewisser Prüfungen, die von den Elektrizitäts-Verteilungswerken selbst ausgeführt werden können, wobei zunächst an Spannungen bis 15 kV gedacht ist. Die ausschlaggebenden Versuche mit Stoßspannung, nämlich die Messung der Ansprechstoßspannung und die Arbeitsprüfung mittels überlagerter Stoß- und Wechselspannung werden allerdings nur kurz erwähnt, mit dem Hinweis auf die AIEE-Standards Nr. 28. Sehr ausführlich dargestellt ist dagegen die Messung des Leckstromes mit 60 Hz an ausgebauten oder neuen Ableitern. Hierzu sind drei Schaltungen angegeben. Ein regelbarer Spannungswandler liefert in bekannter Weise über einen zur Strombegrenzung auf höchstens 3 bis 15 mA dienenden Hochohmwiderstand die Meßspannung. Der Leckstrom wird mittels Milliamperemeter oder Brücke gemessen und dient als Gütemaßstab für den Ableiter. Um die Zulässigkeit dieses Verfahrens zu beweisen, sind Vergleichswerte von 66 Stück 3 kV-Ableitern verschiedener Herkunft gegeben, die nach der Höhe des Leckstromes und dem Ausmaß der Korrosionserscheinungen in Klassen eingeteilt sind (Zahlentafel 1).

Zahlentafel 1.

Zustand	Anzahl	Leckstrom in 10^{-6} A von	bis
befriedigend	8	6	80
schwach korrodiert	32	4	4000
korrodiert	14	160	Kurzschluß
stark korrodiert	6	200	,,
sehr stark korrodiert	6	2000	,,

Als zulässig wird ein Leckstrom bis zu $150 \cdot 10^{-6}$ A bei der Ableiter-Nennspannung bezeichnet, obwohl auch 13 von den „schwach korrodierten“ Ableitern noch in dieses Gebiet fallen. Der Hauptfehler der untersuchten Ableiter scheint also in einem mangelnden Schutz gegen Feuchtigkeit zu bestehen. Über den Anteil äußerer Verschmutzung am Leckwiderstand ist nichts ausgesagt. — Die Ansprech-Wechselspannung der Ableiter soll dem Bericht zufolge zwischen der 1,5fachen bis 3fachen Ableiter-Nennspannung liegen, doch kommen gelegentlich auch höhere und tiefere Werte vor.

Im zweiten Teilbericht sind die für die Schutzwirkung von Ableitern wichtigen Faktoren aufgezählt: Die Kennlinien der zu schützenden Anlageteile und der Ableiter, die Sicherheitszone zwischen beiden, die Anwendung von Ableitern der Leitungs- oder der Stationstype, der räumliche Schutzbereich und die Verwendung mehrerer Ableiter in einer Station. Behandelt wird jedoch nur die Auswahl der Ableiter und ihre Schaltung an einphasigen Netztransformatoren. Der Ableiter muß besonders mit Rücksicht auf die höchste vorkommende Betriebsspannung bemessen werden, die durch einfache und Doppelerdschlüsse, plötzliche Entlastung, Oberwellen u. a. m. besonders hoch ansteigen kann. Auch bei starrer Erdung des Nullpunktes kann er daher nicht niedriger als für die 0,7 bis 0,8fache verkettete Spannung ausgelegt werden. Bei Einphasen-Transformatoren werden drei verschiedene Schaltungen[1]) als gebräuchlich bezeichnet; dabei kann der sekundäre Nulleiter entweder völlig frei sein (non-interconnection), oder unmittelbar (solid int.) oder über eine Funkenstrecke (gapped int.) mit der Ableitererde verbunden sein. Für den Kessel sind die gleichen 3 Fälle möglich. *Ff.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.386.1

Die 50 kW-Röntgenstrahlröhre im Davy-Faraday-Laboratorium. [Nach Alex Müller u. E. R. Clay, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 261; 8 S., 8 Abb.]

Zur Feinstrukturuntersuchung nach dem von Laue angegebenen Verfahren benutzt man weiche Röntgenstrahlen mit Wellenlängen zwischen 1 und 2,5 AE, entsprechend Erzeugungsspannungen zwischen 20 und 30 kV, bewegt sich also im Bereich der Anregungsspannungen für die Röntgen-Eigenstrahlung der zu untersuchenden Stoffe. Während man anfangs mit normalen medizinischen Röntgenapparaten arbeitete, wurden später Spezialanlagen konstruiert. Eine solche von ungewöhnlichen Ausmaßen besitzt die Royal Institution im Davy-Faraday-Laboratorium.

[1]) Vgl. a. Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect. S. 196.

Sie entstand aus dem Wunsch nach erhöhter Leistungsfähigkeit, die bei einer Röntgenanlage durch den Schmelzpunkt des Anodenmaterials der Röhre begrenzt wird. Z. B. beträgt die Grenzlast für einen Strichbrennfleck von 10×1 mm Größe auf einer Kupferanode 3,6 kW. Man kann sie erheblich erhöhen, wenn man an Stelle einer feststehenden eine umlaufende Anode verwendet, so daß in jedem Augenblick neue Teile von den Elektronen getroffen werden. Die Rechnung zeigt, daß die Röhrenbelastbarkeit in dem angeführten Beispiel auf den 10-fachen Betrag ansteigt, wenn der Brennfleck auf einer mit 2500 U/s sich drehenden Scheibe von 15 cm Dmr. liegt, und daß bei vorgegebenem Anodenmaterial und Brennfleck eine wesentliche Leistungssteigerung nur durch Vergrößern der Drehanode möglich ist. Die Grenzlast wächst um 65%, wenn der Durchmesser verdoppelt wird.

Bei der hier erwähnten Anlage besteht die Anode der Röntgenröhre dementsprechend aus einer Stahlscheibe von 50 cm Dmr. mit 100 kg Gewicht, angetrieben durch einen 5 PS-Motor mit 2000 U/min. Die Anode ist hohl und wird in jeder Minute von 25 l Kühlwasser durchströmt. Sie ist geerdet und luftdicht in ein Gehäuse eingebaut, in dem durch drei dauernd arbeitende Öldiffusionspumpen ein Vakuum von 10^{-4} Torr aufrechterhalten wird. Gegenüber dem Rand der Anodenscheibe ist unter 60° Neigung mit dem Gehäuse ein Rohr vakuumdicht verbunden, das die durch Glas isolierte Kathode enthält. Sie besteht aus einer Wolframwendel und befindet sich 3 mm hinter einem Schlitz von 40×5 mm Größe, 10 mm von der Drehanode entfernt, auf der sie einen Brennfleck von etwa 30×1 mm erzeugt. Durch Ändern des Abstandes der Wendel vom Schlitz läßt sich die Ausdehnung des Brennflecks beeinflussen. Die Röntgenstrahlen treten senkrecht zur Anodendrehachse durch ein Lithium-Cellophanfenster aus.

Die Betriebsspannung der Röhre beträgt 25 bis 30 kV; ihre Leistung von 50 kW wird über ein System von 6 Gleichrichterröhren einem Drehstromtransformator entnommen. Zur Heizung der Ventile, die ebenfalls an der Pumpe liegen, sind 6 V und insgesamt 50 A notwendig.

Umfassende Sicherheitsmaßnahmen gegen Streustrahlen und Hochspannungsgefahr sind vorgesehen. Relais, die mit einer besonderen 20 V-Batterie betrieben werden, schalten die Hochspannung beim Betreten des Maschinenraums ab. Ebenso wird die Anlage selbsttätig außer Betrieb gesetzt, wenn der Kühlwasserumlauf stockt oder der Drehanodenantrieb versagt. *H. Grf.*

Verkehrstechnik.

DK 621.335.42-831.1

Zweiteilige Schnelltriebzüge für 160 km/h der Deutschen Reichsbahn. [Nach O. Taschinger, O. Michel u. A. Kniffler, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 257; 22 S., 49 Abb.]

Im Jahre 1934 wurden von der Deutschen Reichsbahn drei Schnelltriebzüge aus je zwei kurzgekuppelten Wagen als Versuchszüge in Auftrag gegeben, an denen verschiedene Ausführungen der Bremsen, der Lager und der Luftheizungsanlagen ausprobiert werden sollten. Die günstigste Wagenform wurde durch Versuche mit Holzmodellen im Windkanal festgestellt. Hierbei zeigte sich der günstige Einfluß einer ganz heruntergezogenen und unter dem Wagenkasten durchgehend abgeschlossenen Windschürze. Jeder der beiden Wagen eines Zuges hat eine Länge von 21,2 m, und ein Betriebsgewicht von 103 bis 113 t, von denen 75 bis 85 t auf den Wagenteil und etwa 27,2 t auf die elektrische Ausrüstung entfallen. Der eine Wagen jedes Zuges enthält Gepäckraum, elektrisch eingerichtete Küche und Anrichte und einen Nichtraucher-Großraum mit 30 Sitzplätzen, während der zweite Wagen zwei Fahrgasträume von 29 und 18 Plätzen hat. Der Zug führt nur zweiter Klasse. Für die Beschläge, Fensterrahmen und Gepäcknetze wurde weitgehend Leichtmetall verwendet. Untergestelle und Wagenkästen wurden in reiner Blechträgerbauweise ausgeführt, wie sie bei elektrischen Lokomotiven bereits angewendet wurde. Das Untergestell wurde auf besonderen drehbaren Tischen zusammengeschweißt. Es konnten für das Untergestell meist dünne Bleche aus St 37 verwendet werden, da die Zugeinheit nicht mit anderen Wagen zusammengekuppelt werden soll. Die Längsträger wurden aus U-förmigen 3 bis 4 m langen Blechen hergestellt, die stumpf aneinandergeschweißt wurden. Über den Drehgestellen sind Hauptquerträger angeordnet, die über dem Triebdrehgestell den 2,9 t schweren Umspanner tragen müssen. Die Außenhaut der Wagenkästen ist ganz glatt gehalten, Fenster und Türen liegen in geschlossenem Zustand fast in einer Ebene mit der Außenhaut. Das Seitenwandblech ist mit Ober- und Untergurt der Längsträger verschweißt, so daß der Längsträger Kastenquerschnitte bildet. Auch die Seitenwandsäulen sind

Digitized by Google

mit dem Seitenwandblech verschweißt, so daß sie kastenförmige Säulen bilden. Beim Aufbau des Daches wurden ebenfalls keine Walzprofile sondern nur Blechkonstruktionen verwendet. Die Ausführung der durchlaufenden Längsnähte zwischen Dach, Wänden und Untergestell erforderte große Sorgfalt, damit Verspannungen vermieden wurden. Die Drehgestelle sind ebenfalls aus Blechen unter Verwendung von Kastenträgern geschweißt. Zwei Schnelltriebzüge erhielten Rollenlager, der dritte Peyinghauslager.

Die Heizung erfolgt durch elektrisch vorgewärmte Luft, die außen an den Wagenlängswänden durch ein Filter angesaugt und in elektrischen Heizern von 35 bzw. 46 kW auf 60 °C erwärmt wird. Die Warmluft wird in zwei Hauptkanälen an den Seitenwänden der Fahrgasträume entlanggeführt und tritt unter jeder Sitzbank am Mittelgang aus. Da immer zwei solcher Öffnungen am Mittelgang sich gegenüberliegen, sind unangenehme Luftströmungen nicht fühlbar. Wärmefühler im Ansaugkanal und in den Abteilen regeln die Heizung selbsttätig. Bei zwei Zügen ist eine Mischung der frisch angesaugten mit der aus dem Wagen entnommenen schon vorgewärmten Luft möglich, wodurch die Heizleistungen auf 24 und 38 kW verringert werden konnten. Während der eine Zug die übliche Luftdruckbremse mit auf die Radreifen wirkenden Bremsklötzen erhielt, wurden zwei Züge mit besonderen Bremstrommeln auf den Achsen ausgerüstet, auf die mit Ferrodo-Asbest belegte Bremsbacken wirken. An Stelle der Spindelhandbremse haben die letzteren eine zusätzliche Druckölhandbremse, die auf die Bremsbackenhebel der Druckluftbremse wirkt. In der Schnellbremsstellung des Führerbremsventils werden ferner Magnetschienenbremsen eingeschaltet, die zwischen den Rädern an den Drehgestellen hängen. Ein Schnappschalter am Führerbremsventil schließt einen Steuerstromkreis, wodurch elektropneumatische Steuerventile die Sperren in den Hubzylindern der Magnetbremsen lösen und diese durch ihr Gewicht auf die Schienen fallen. Über Bremsschütze wird gleichzeitig der Erregerstrom der Magnete eingeschaltet. Beim Lösen der Luftdruckbremse werden die Bremsschütze geöffnet und die Magnetbremsen durch Luftdruckzylinder angehoben und verklinkt. Durch einen besonderen Unterbrechungs-Handschalter kann zum Schluß der Bremsung die Schienenbremse ohne Unterbrechung der Luftdruckbremsung ausgeschaltet werden, um ein ruckartiges Anhalten zu vermeiden.

Die elektrische Ausrüstung mußte unter den Wagenkästen angebracht werden. Jeder Wagen erhielt eine vollständige Starkstromausrüstung mit zwei Motoren im Triebdrehgestell. Für den Antrieb wurde den Lieferfirmen freie Hand gelassen und so erhielt ein Wagenzug Hohlwellenantrieb nach AEG-Kleinow, der zweite Buchli-Antrieb und der dritte Tatzenlagerantrieb. Zwei Firmen sahen Motoren mit einer Stundenleistung von je 230 kW bei 144 km/h vor, die dritte hat Motoren von 355 kW bei 142 km/h eingebaut. Auch bei hohen Geschwindigkeiten steht noch eine große Leistung zur Verfügung, so daß bei Geschwindigkeitsverminderungen die Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h schnell wieder erreicht werden kann. Die Umfangsgeschwindigkeit der Motoren beträgt bis zu 58 m/s am Anker und 42 m/s am Stromwender bei 160 km/h Fahrgeschwindigkeit. Die Zahnräder haben Schrägverzahnung. Einschließlich Getriebe, Zahnradschutzkästen und Hohlwelle beträgt das Gewicht jedes Motors 2850 kg beim AEG-Antrieb, 3000 kg beim Buchli-Antrieb und 2410 kg beim Tatzenlagermotor. Die Starkstromschaltung entspricht der üblichen Wechselstromausführung. Jeder Wagen hat einen Leichtstromabnehmer, beide Stromabnehmer eines Zuges sind durch eine Dachleitung verbunden. Eine 60 A-Hochspannungssicherung sitzt in einer besonderen Kammer an den Außenwänden der Kurzkupplungsenden der Wagen. Diese Sicherungen übernehmen den Schutz der ganzen Ausrüstung, Hochleistungsschalter sind nicht vorgesehen. Der ölgekühlte Umspanner jedes Wagens von 410 kVA Leistung hängt am Wagenkasten und ragt in das Triebdrehgestell hinein. Er hat niederspannungsseitig 11 Fahrstufen mit einer Höchstspannung von 850 V. Die fünfte Anzapfung ist an Erde gelegt, so daß die Motoren für nur etwa die Hälfte dieser Spannung gegen Erde isoliert werden mußten. Da jeder Wagen eine volle Ausrüstung erhielt, waren Motortrennschalter und Schütze entbehrlich. Der Hilfsstrom zur Speisung der Steuerstromkreise, der Luftpumpe, der Küche, Heizungslüfter und Führerstandsheizung wird einer 200 V-Klemme des Umspanners entnommen. Die Steuerung ist wie bei allen neueren Triebwagen der Deutschen Reichsbahn halbselbsttätig. Der Fahrschalter enthält vier Steuerbefehle. In Stellung „Auf" läuft das Nockenschaltwerk aufwärts, gesteuert von einem Stromwächter. In Stellung „Fahrt" bleibt es auf der erreichten Stufe stehen. In Stellung „Ab" läuft das Schaltwerk langsam auf niedrigere Spannungsstufen zurück und in Stellung „Aus" wird der Steuerstrom unterbrochen und die Motoren ganz abgeschaltet. Das Nockenschaltwerk, bei dem die einzelnen Schalter durch Nockenscheiben geöffnet und durch starke Federn geschlossen werden, wird bei zwei Triebzügen durch Elektromotor, bei einem durch Drehmagnete angetrieben. Die Richtungswenderschütze dienen gleichzeitig zum Abschalten der Motoren in Stellung „Aus" des Fahrschalters und bei Überlastung. Die Sicherheitsfahrschaltung, die Stromabnehmerbetätigung und die Magnetschienenbremsen mit ihren Steuereinrichtungen werden mit Gleichstrom aus einer Batterie gespeist. Neben den üblichen Schutzeinrichtungen ist ein Schleuderrelais vorgesehen, das das Nockenschaltwerk bei Schleudern eines Motors so lange zurücklaufen läßt, bis die Räder wieder fassen. Die Beleuchtung wird mit Gleichstrom von 24 V gespeist, zur Umformung des Wechselstromes von 200 V sind Trockengleichrichter oder Umformer vorgesehen. Die Nickelstahlbatterie hat eine Kapazität von 195 Ah, da sie die Schienenbremsen speisen muß. Die Heizkörper der Klarsichtscheiben und die Motoren der Fensterwischer des Führerstandes werden ebenfalls von der 24 V-Gleichstromquelle gespeist.

Bei den Versuchsfahrten mit den Schnelltriebzügen wurde die Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h bereits nach 150 s erreicht und dabei ein Weg von 4 km zurückgelegt. Die Anfangsbeschleunigung bis 40 km/h betrug 0,41 m/s², die Endbeschleunigung bei 160 km/h war immer noch 0,16 m/s², es stehen also über den ganzen Geschwindigkeitsbereich große Anfahrzugkräfte zur Verfügung. Der Höchststrom je Motorgruppe betrug 1500 A, die höchste aufgenommene Leistung eines Wagens war 1850 kW. Bei einem Gewicht von 113,3 t des Versuchswagens erhielt man einen Arbeitsverbrauch von 23 Wh/tkm und stellte einen Gesamtfahrwiderstand von 7,6 kg/t bei der Höchstgeschwindigkeit fest. *Dtt.*

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 621.771

Neuzeitliche elastische Kraftversorgung bei Messing-Walzwerken. [Nach W. R. Clark, Electr. Wld., N. Y. 111 (1939) S. 44 u. 123; 4 S., 6 Abb.]

Die Vereinheitlichung von werkstoffgerechter Verarbeitung, zweckmäßiger Aneinanderreihung der Arbeitsfolgen und die Benutzung geeigneter Antriebe ist für neuzeitliche Walzwerkbetriebe kennzeichnend. W. R. Clark beschreibt das neue Nichteisen-Walzwerk der amerikanischen Bridgeport-Messinggesellschaft mit Einzelheiten über die ausgeführten Gleich- und Wechselstromantriebe, deren Steuerung und Stromversorgung. Die Speisung der Anlage ist durch zwei voneinander unabhängige dreiphasige Leitungen von 6,9 kV sichergestellt. Von der gemeinsamen Sammelschiene gehen Abzweige zu den drei Einphasentransformatoren für 6900/440 V, zu den drei 1000 kW-Synchronmotor-Generatoren und eine Leitung zu einem besonderen Motorgeneratorsatz mit Synchronmotor für 1660 kW, der außer einem Schmiedehammer über ein Untersetzungsgetriebe ein Kaltwalzwerk mit einer Nennleistung von 800 PS antreibt. Die grundsätzliche Anordnung ist in Abb. 2 angegeben. Der gleiche Synchronmotor M_1 für 720 U/min ist mit einem Gleichstromgenerator G für 1000 kW und einer Erregermaschine für 250 V, 40 kW starr gekuppelt, welche als Stromquelle für den Warmwalzmotor M_2 von 740 kW, 600 V dienen. Dieser Maschinensatz stellt die Besonderheit dieser Anlage dar, da er die Vereinigung eines mechanischen und elektrischen Antriebes enthält. Jeder der drei 1000 kW-Umformer ist einzeln abschaltbar. Der Werkstofffluß ist der übliche mit den erforderlichen Zwischenglühungen. Bei dem in Abb. 2 ersichtlichen Maschinensatz ist der Warmwalzmotor M_2 als Umkehrmotor für 0 bis 375 U/min vorgesehen; die Geschwindigkeitsregelung von 0 bis 300 U/min erfolgt durch Generatorfeldänderung, während der obere Geschwindigkeitsbereich durch Motorfeldänderung beherrscht wird. Infolge der vorhandenen gedrängten Raumverhältnisse erwies sich für M_2

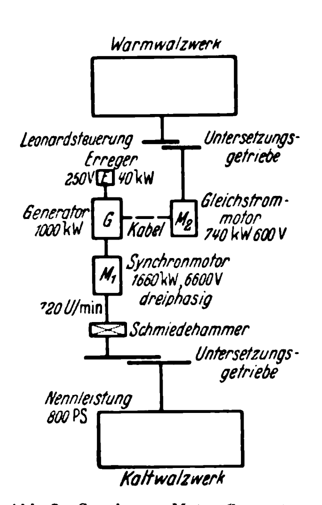


Abb. 2. Synchroner Motor-Generatorsatz mit mechanischer und elektrischer Kraftübertragung.

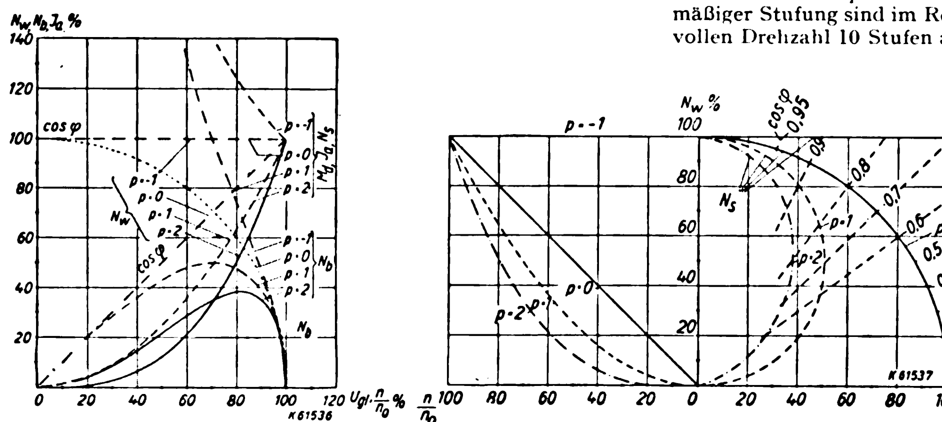
Digitized by Google

eine hohe Drehzahl und die Ausführung eines Untersetzungsgetriebes als wirtschaftlich günstigste Lösung. Zwei 800 PS-Antriebe für die Kaltwalzen mit 575 bis 1020 U/min werden von zwei der obengenannten 1000 kW-Generatoren gespeist, während der dritte vorhandene Satz für die Fertigwalzen zweimal 400 PS abgibt. Die Vorteile dieser Antriebsausführung liegen in der weitgehenden Unabhängigkeit der einzelnen Antriebsgruppen, in der Platzersparnis und in der Wirtschaftlichkeit. Die Haspelantriebe sind so ausgeführt, daß das Walzgut mit gleichförmigem Zug aufgewunden wird; hierfür sind 100 PS-Antriebe mit besonderer Windenregeleinrichtung und Geschwindigkeitssteuerung vorgesehen. Für das 250 V-Gleichstromsystem sind besondere Sammelschienen, die im ganzen Werk über Kopf angeordnet sind, vorhanden. Auf einzelnen Schienenabschnitten schwankt die Stromstärke zwischen 5000 und 1500 A. Für die Stellen größter Belastung sind mehrere Parallelschienen mit litzenartigen Wärmeausgleichsstücken vorgesehen. Die Kontakte sind versilbert. Auch das 460 V-Drehstromsystem ist über Kopf verlegt, wodurch sich eine beträchtliche Kostenverminderung ergab. *Tsch.*

DK 621.314.6 : 621.34

Über Besonderheiten der Antriebe mit drehzahlabhängiger Belastung. [Nach H. Anschütz, AEG-Mitt. (1939) S. 76; 6 S., 9 Abb.]

Bei Verwendung von gesteuerten Stromrichtern für motorische Antriebe wird die Schaltung aus bekannten Elementen aufgebaut: Umspanner, Stromrichtgefäß, Schutzschalter, Glättungsdrossel und Gleichstrommotor. Geregelt wird vorwiegend im Ankerkreis. Die Feldwicklung wird mit fester Spannung gespeist. Wenn eine passende Gleichspannung für die Motorerregung nicht vorhanden ist, wird entweder ein Hilfsgleichrichter aufgestellt oder man vereinigt Haupt- und Hilfsgleichrichter in einem einzigen Gefäß, was aber fast stets nur bei Eisengefäßen durchführbar ist. Das Verhalten der Arbeitsmaschine bedingt den Verlauf der Belastung im Drehzahlbereich. Während Gleichrichter für Netzbetriebe, Bahnen u. dgl. mit fester Gleichspannung arbeiten, ändert sich bei Motorantrieben mit dem Laststrom die Gleichspannung je nach der eingestellten Drehzahl, wenn man die Felderregung unverändert läßt.



Leistungsanteile N_w und N_b der Scheinleistung N_s, Leistungsfaktor cos φ, Drehmoment M_d und Ankerstrom I_a bei veränderlicher Ankerspannung U_{gl} bzw. Drehzahl n/n_0 für $p = -1$, 0, 1, 2; Motorerregung unverändertlich

Abb. 3. Belastung des Stromrichters bei geregelten Antrieben.

Das Drehmoment für die Drehzahl n läßt sich allgemein ausdrücken mit

$$M_d = k\, n^p.$$

Für Antriebe mit konstanter Leistung ist $p = -1$, z. B. für Werkzeugmaschinen, Prüfstände, teilweise auch Walzenstraßen. Mit $p = 0$ erhält man konstantes Drehmoment, was bei Kalandern, Drehöfen, Trocknern, Walzenstraßen usw. vorkommt. Bei Kreiselförderern wird $p > 0$, Lüfter arbeiten bekanntlich mit $p = 2$. Die Zusammensetzung der Leistungsanteile auf der Drehstromseite zeigt Abb. 3 für $p = -1$, 0, 1 und 2.

Der Rückgang des Leistungsfaktors mit abnehmender Aussteuerung der Gitter läßt bei konstantem Strom bzw. Drehmoment die Blindleistung rasch ansteigen. Ungünstiger noch sind Antriebe mit konstanter Leistung. Wird aber $p > 0$, so durchläuft die Blindleistung einen Höchstwert bei der kritischen Drehzahl (Verluste, Magnetisierungs-Strom und Überlappung des Anodenstromes vernachlässigt):

$$n_k = n_0 \sqrt{\frac{p}{p+1}}$$

mit dem Höchstwert

$$N_{b_{max}} = \frac{p^{\frac{p}{2}}}{(p+1)^{\frac{p+1}{2}}}$$

und der zugehörigen Wirkleistung

$$N_{w_k} = \left(\frac{p}{p+1}\right)^{\frac{p+1}{2}},$$

beide bezogen auf die Wirkleistung N_w bei der höchsten Drehzahl n_0. Für rein quadratischen Drehmomentverlauf liegt die kritische Drehzahl bei 81,6% der höchsten Drehzahl. Der Höchstwert der Blindleistung erreicht dabei 38,5%, die zugehörige Wirklast beträgt 54% der Nennleistung. Bei solchen Antrieben kann also die Verschlechterung des Leistungsfaktors stark an Bedeutung verlieren.

Falls eine nähere Untersuchung zeigt, daß eine Begrenzung der Blindstromaufnahme aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen notwendig ist, kann man dafür verschiedene Wege wählen:

1. Umschaltung am Gleichrichter-Umspanner. Bei jeder Stufe geht die Blindlast theoretisch auf Null zurück, der Leistungsfaktor erreicht wieder seinen höchsten Wert. Vielfach genügt eine Stufe, dafür kann man einfach auf der Primärseite des Umspanners von Parallel- auf Reihenschaltung oder von Dreieck- auf Stern-Schaltung übergehen. Mehrere Stufen können angeordnet werden:

a) für hundertteilig gleiche Stufenspannungen,
b) für absolut gleiche Stufenspannungen,
c) für konstante Blindleistung.

Bei mäßigem Regelbereich sind die Stufungen nach a) und b) ohne wesentliche Unterschiede. Die zwei letzten Möglichkeiten werden für $p = 2$ an einem Diagramm gezeigt. Bei gleichmäßiger Stufung sind im Regelbereich zwischen 100 bis 60% der vollen Drehzahl 10 Stufen angeordnet, der niedrigste Leistungsfaktor sinkt dabei von 0,96 auf 0,94 auf der untersten Stufe. Begrenzt man dagegen die Blindlastaufnahme auf einen Höchstwert von 30% der Nennleistung, so genügen 2 Stufen; läßt man nur 20% Blindlast zu, so sind bereits 6 Stufen einzubauen.

2. Die Unstetigkeit der Stufenregelung vermeidet man bei Verwendung von Kondensatoren. Man schließt meist eine feste Kondensatorleistung an und achtet nur auf Einhaltung eines gewissen Mindestleistungsfaktors cos φ_{min}, hierzu gehört eine bestimmte kritische Drehzahl. Die Lösung ergibt sich am einfachsten graphisch.

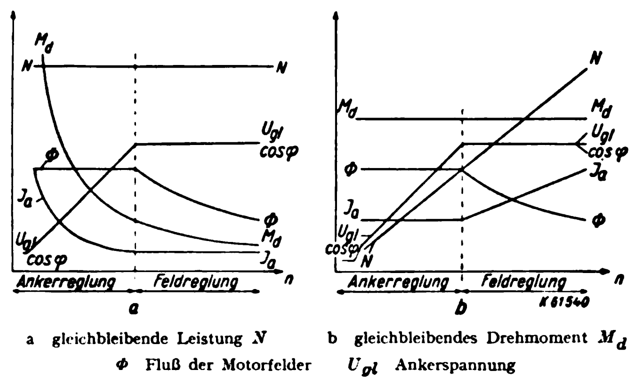
Bei reinem Lüfterdrehmoment braucht man z. B. für cos $\varphi_{min} = 0{,}9$ einen Kondensator von 18% der Motor-Nennleistung, bei gradlinig ansteigendem Drehmoment dagegen einen Kondensator von 32%.

3. Auch eine Regelung der Motor-Erregung kann man zur Verbesserung des Leistungsfaktors benutzen. Dies ist aber meist nur wirtschaftlich bei $p = 0$ oder -1. Man bestreicht mit der Feldregelung den oberen, meist benutzten Teil des Regelbereiches, so daß dort der Leistungsfaktor auf seinem günstigsten Wert bleibt. Für gewisse Arbeitsmaschinen z. B. Walzwerke hat man oft unten $p = 0$, man nimmt dafür Gitterregelung, oben $p = -1$, wo man wieder Feldregelung einsetzt. Der Ankerstrom ist dann über den gesamten Drehzahlbereich konstant (Abb. 4).

4. Der erhöhte Aufwand für Sonderschaltungen, wie Einbau von Zusatzanoden (angewandt bei der AEG-Stromrichter-Lokomotive für die Höllentalbahn) oder unsymmetrische Steuerung verschiedener Anodengruppen, lohnt sich nur für $p = 0$ bzw. -1.

Digitized by Google

Bei der Auswahl unter den verschiedenen Verfahren zur Leistungsfaktor-Verbesserung hat man die zusätzlichen Kosten gegen die erreichbaren, technischen und wirtschaftlichen Vorteile abzuwägen. Dafür verlangt der einzelne Anwendungsfall meist eine gesonderte Untersuchung.



a gleichbleibende Leistung N b gleichbleibendes Drehmoment M_d

Φ Fluß der Motorfelder U_{gl} Ankerspannung

Abb. 4. Vereinigung von Gitterregelung im Ankerkreis und Feldregelung.

Wie bei Stromrichtern für Netzbetriebe und Elektrolysen ist auch hier die Gleichspannung möglichst hoch zu wählen. Geregelte Motorantriebe arbeiten aber etwas ungünstiger, da zur Teillast jeweils auch eine verringerte Gleichspannung gehört (außer bei $p = -1$, wo die Wirklast konstant ist). Der Vorsprung im Wirkungsgrad gegenüber Motorgeneratoren ist daher bei konstantem Drehmoment nur im oberen Drehzahlbereich gesichert. Wenn aber das Drehmoment mit der Drehzahl steigt, so ist der Gleichrichter im ganzen Regelbereich trotz der verringerten Spannung bei Teillast den Maschinen-Umformern überlegen. Besonders im unteren Drehzahlbereich führt dabei die Stromrichterspeisung zu erheblichen Ersparnissen an Stromkosten. *Vb.*

Physik.

DK 537.53

Die Čerenkov-Strahlung. [Nach G. B. Collins u. V. G. Reiling, Phys. Rev. 54 (1938) S. 499; 5 S., 4 Abb., 1 Tab.]

Im Jahre 1934 entdeckte Čerenkov eine neue, bisher unbekannte Strahlung, kenntlich als bläulich-weiße Lichterscheinung. Diese Strahlen entstehen in einem festen Körper, z. B. Glimmer, oder in einer idealen Flüssigkeit, wenn ein Elektron diese Körper durcheilt und seine Geschwindigkeit größer als die des Lichtes in demselben Stoff ist. Alle Versuche zeigten, daß mit der Entstehung der Strahlung nicht eine wie sonst übliche Veränderung der Atome oder Moleküle verbunden ist. Es scheint irgendeine noch unbekannte Kraft zwischen Atom und Elektron oder ein besonderes Phänomen als Ursache zu wirken. Die Strahlung ist nicht fluoreszierend, weist aber Polarisationserscheinungen auf mit einem elektrischen Vektor, der parallel zu der Richtung der Ausbreitung der Elektronen in dem Medium liegt. Weiterhin fand man ein unsymmetrisches Verhalten der Strahlung und eine Intensität, die nur von dem Brechungsindex des Mediums abhängig ist.

Čerenkov hatte für diese neue Strahlung keine Theorie aufgestellt. Tamm und Frank haben sie wenigstens für die beobachteten Effekte gegeben und begründeten sie mit den Hilfsmitteln der klassischen Physik. Čerenkov hatte zur Untersuchung der Strahlung sowohl β-Strahlen als auch γ-Strahlen radioaktiver Körper benutzt. Die für die Elektronen notwendige Beschleunigung erreichte er durch Stoßgeneratoren, durch die jedes Elektron eine Stromstärke von $10 \cdot 10^{-6}$ A bei einer Spannung von $2 \cdot 10^6$ V erteilt bekam. Wie schon erwähnt, bearbeiteten Tamm und Frank das Problem klassisch, also ohne quantenmechanische Voraussetzungen. Ihre Fragestellung formulierten sie in der Weise, daß sie für ein Elektron, welches durch einen Körper mit dem Brechungsindex n und mit einer Eigengeschwindigkeit hindurcheilt, die Beziehungen zwischen Stromdichte, elektrischer und magnetischer Feldgröße der emittierten Strahlung aufsuchten. Der Ansatz hierfür führte auf eine Differentialgleichung, in der eine charakteristische Größe βn auftritt. Ist $\beta n < 1$, so erhält man eine gedämpfte Schwingung, deren Intensität exponentiell sich verringert. Diese Interpretation kann in dem vorliegenden Fall nicht zutreffen, weil durch die abklingende Schwingung eine unsichtbare Strahlung definiert ist, wie es leicht nach dem Energiesatz einzusehen ist, während aber die Čerenkov-Strahlung bläulich-weiß leuchtet. Dementsprechend mußte also die Lösung mit $\beta n > 1$ richtig sein. Und dies trifft in der Tat zu. Man erhält eine kontinuierliche Welle über das gesamte Spektrum hinweg, welche Interferenzerscheinungen zwischen dem Elektronenstrahl, also der Strahlungsquelle, und der hervorgerufenen Strahlung auszubilden vermag (Abb. 5). Die Ausgangsdifferentialgleichung lautet

$$W = \frac{e^2 l}{c^2} \int_{\beta n > 1} \omega \, d\omega \left(1 - \frac{1}{(\beta n)^2}\right); \qquad (1)$$

hierin bedeuten W die gesamte Strahlungsenergie, β die Geschwindigkeit, l die Länge des vom Elektron zurückgelegten Weges, n den Brechungsindex des Mediums, ω die Kreisfrequenz der emittierten Strahlung, e die Basis der natürlichen Logarithmen und c die Lichtgeschwindigkeit. Alle Größen können im cgs-System oder auch im praktischen Maßsystem gerechnet werden. Aus dieser Gleichung ist auch ersichtlich, daß die Eigenschaften der Strahlung nur von dem Brechungsindex des Mediums, also einer einzigen Stoffgröße, abhängen. Auch die obenerwähnte Kontinuität im Spektrum folgt aus der Gl. (1) und reicht vom Gebiet des Ultraroten bis in das Ultraviolette hinein; die Strahlung würde sich über dieses Band ausbreiten, wenn sie nicht schon vorher durch die Absorptionsfähigkeit des durchdrungenen Stoffes begrenzt würde.

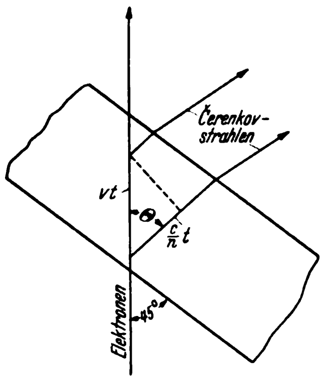
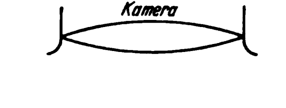


Abb. 5. Diagramm, das die Interferenzerscheinung der Čerenkov-Strahlung zeigt.

Eine eingehende Betrachtung des Energiehaushaltes der Strahlung zeigte, daß die Energie umgekehrt proportional zur dritten Potenz der Wellenlänge ist. Aus der Schulphysik ist bekannt, daß ein Elektron, welches durch einen Körper hindurchfliegt, allmählich seine Energie verliert, weil unterwegs Ionisationen und ähnliche Prozesse auftreten. Die freiwerdenden Energiemengen müssen dann in Beschleunigungen umgewandelt werden, wodurch sich die außerordentlich hohe Geschwindigkeit der Čerenkov-Strahlung erklären läßt. Es liegt also ein ähnlicher Fall vor wie in der klassischen Physik: Bei der Röntgenstrahlung wird auch dem Elektron eine Beschleunigung erteilt, welche aber bedeutend geringer ist.



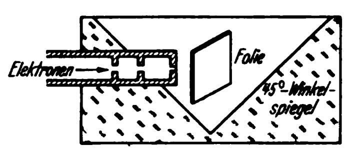


Abb. 6. Schematiche Darstellung der Apparatur zur Untersuchung der Čerenkov-Strahlung.

Mit der hier nach Tamm und Frank geschilderten Theorie konnten also die Erscheinungen bis auf die Entstehung hinreichend erklärt werden. Durch das Vorhandensein von Interferenzen wird das unsymmetrische Verhalten der Strahlen gedeutet, und von hier aus gelangte man zu einer Gleichung, welche eine Beziehung über die Richtung der ausgesandten Strahlung gibt. In der Gleichung

$$\cos\delta = \frac{1}{\beta n} \qquad (2)$$

bedeuten n und β dieselben Größen wie oben, und der Winkel δ gibt die Richtung der unsymmetrisch emittierten Strahlung an.

Diese durch die Theorie gewonnenen quantitativen Ergebnisse wurden durch das Experiment geprüft. Die hierfür benutzte Apparatur zeigt Abb. 6. Ein beschleunigter Elektronenstrahl wird auf eine dünne Folie eines Körpers geschossen, die genau im Zentrum eines Winkelspiegels unter 45° aufgestellt ist. Der in der Folie entstehende und aus ihr hervortretende Čerenkov-Strahl wurde mit einer Kamera aufgenommen. Die Auswertung der photographischen Aufnahmen bestätigte die Theorie. Hieran anschließend wurde das Spektrum der Strahlung mit einem Quarzspektrographen aufgenommen und zeigte die vorausgesagte Kontinuität. Ferner wiesen die Spektrogramme darauf hin, daß die Energie der Strahlung im Ultravioletten erheblich größer als im Roten ist. Eine genaue absolute Intensitätsbestimmung prüfte den Wert W der Gl. (1) nach. Auch hier stimmten Theorie und Versuch überein, und

Digitized by Google

zugleich konnte der Nachweis erbracht werden, daß die oft beobachtete schwache Elektronenstrahlung der Metalle nicht mit der Čerenkov-Strahlung identisch ist. Abschließend läßt sich sagen, daß eine weitere Erforschung dieser Strahlung unsere Erkenntnis hinsichtlich der Grenzgebiete im Spektrum zwischen ultrakurzen Wellen und der sichtbaren Strahlung fördern wird. *Hsr.*

Chemie.

DK 537.52 : 661.5

Luftsalpetersäure durch elektrische Entladung. [Nach V. Hardung, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 714; 6 S., 1 Abb.]

Vor einigen Jahrzehnten wurde das bereits von Werner Siemens erstrebte Ziel, den Luftstickstoff mittels des elektrischen Flammenbogens in nützliche Verbindungen zu verwandeln, in größtem Maßstabe durch die Norwegische wasserelektrische Stickstoffgesellschaft am Rjukanfall im südlichen Norwegen verwirklicht. Nach dem Birkeland-Eyde-Verfahren wurden durch die im Magnetfelde zu Scheiben abgeplatteten Lichtbögen stündlich rd. 200 000 m³ Luft geschickt, die mit etwa 1½% Stickoxyd austraten, das dann in Salpetersäure übergeführt und an Kalk gebunden als Norgesalpeter für Düngezwecke verkauft wurde. Später wurden auch einige Schönherr-Öfen aufgestellt, bei denen der Luftstrom spiralig um einen langen Lichtbogen herumkletterte. Andere Ofenformen wurden von Pauling (Hörnerelektroden), Moscicki (rotierende Flamme), Sieber (Flammenball zwischen drei Elektroden), sowie anderen erfunden. Nach Sieber arbeiteten während des Weltkrieges die Werke der Nitrum A.G. in Tschornewitz (Bez. Halle) und in Rhina bei Säckingen.

Der Weg, durch die elektrische Flamme den Stickstoff der Luft an ihren Sauerstoff zu binden, bietet den großen Vorteil, daß außer Luft nur elektrische Energie verbraucht wird, besitzt aber den großen Nachteil, daß etwa 70 kWh je kg gebundener Stickstoff nötig sind. Die Ausbeute konnte um etwa 50% verbessert werden, indem man ein Gemisch gleicher Mengen Stickstoff und Sauerstoff verwendete (in Luft ist das Verhältnis 4:1). Wenn man aber den Luftstickstoff an Karbid bindet (zu Kalkstickstoff), so braucht man einschließlich der Karbidherstellung viel weniger Energie und bei der Ammoniaksynthese kann man (den Energieinhalt der benötigten Kohle auf kWh umgerechnet) mit $^1/_6$ jenes Aufwandes reichen. Deshalb hat man in Norwegen vor einem Jahrzehnt den größeren Teil des Wasserkraftwerkes auf die Wasserelektrolyse umgestellt und vereinigt den gewonnenen Wasserstoff mit Stickstoff, der durch Absieden aus flüssiger Luft nach Linde (wie auch bei den anderen Verfahren der Stickstoffbindung) gewonnen wird. Immerhin ist auch heut noch dort ein Teil der elektrischen Öfen in Betrieb, hauptsächlich um mit den großen Wärmemengen, welche die austretende Luft mit sich führt, Kessel zu heizen.

Nernst und Wartenberg haben seinerzeit die Bildung und den Zerfall von Stickoxyd bei hohen Temperaturen erforscht, indem sie das Gas z. B. durch ein auf 1900 °C erhitztes Iridiumrohr leiteten und durch rascheste Abkühlung das Gleichgewicht „einfrieren" ließen. Sie errechneten, daß der Temperatur des Flammenbogens gegen 5% Stickoxyd in der Luft entsprechen; aber wegen der oberhalb 2000 °C allzu raschen Zerfallsgeschwindigkeit rettet man nur einen Bruchteil des entstandenen Stickoxyds. Freilich zeigte Haber, daß die Nernstsche Annahme eines thermischen Gleichgewichtes zur Erklärung nicht ganz ausreicht; denn er konnte mit langem fadenförmigen Lichtbogen bei Unterdruck, wo die Temperatur verhältnismäßig niedrig war, überraschend hohe Gehalte an Stickoxyd (an 8%) gewinnen. Den Gedanken von Haber, daß es sich bei der Stickoxydbildung um eine besondere elektrische Wirkung handeln kann, hat der Verfasser weiter verfolgt. Er erörtert allerlei Möglichkeiten von Zwischenreaktionen. Die Tatsache, daß auch durch Glimmentladung und durch gerichtete Elektronenstrahlen in verdünnten Gasen hohe Ausbeuten erzielt werden, führt zur Vermutung, daß Stöße von Ionen oder Elektronen unmittelbar oder mittelbar die Stickoxydbildung bewirken. Wahrscheinlich setzen sich Stickstoffmoleküle mit „metastabilen" Sauerstoffmolekülen um; dies erfordert nur 5,7 kcal je Mol; atomarer Stickstoff, welcher nachgewiesenermaßen Stickoxyd zerstört, tritt hierbei nicht auf. Diese Annahme erklärt auch, warum Impulsentladung besonders gute Ausbeuten liefert, weil im Verhältnis zum kurzen Impuls die Lebensdauer des „metastabilen" Sauerstoffes mit 7 s groß ist. Zu beachten ist ferner, daß Wacker und Briner[1]) im Schönherrofen mit Elektroden aus Kupfer, das mit Lithium oder Kalzium legiert war, mehr als doppelte Ausbeuten je kWh erhielten, was neben der Herabsetzung der Bogenspannung durch Li und Ca auf der Vermehrung der reaktionsfähigen Moleküle beruhen dürfte.

Nach Ansicht von Hardung müssen die günstigsten Bedingungen für das bis jetzt noch unklare Entstehen des metastabilen Zustandes erforscht werden, indem man etwa ein Stickstoff-Sauerstoffgemisch mit Kanalstrahlen beschösse, welche ionisierte positiv geladene Stickstoffmoleküle von bekannter regelbarer Geschwindigkeit enthalten, und gleichzeitig die Menge der metastabilen Moleküle bestimmte. So würde man die günstigste Geschwindigkeit finden und könnte dementsprechend die Bedingungen im Lichtbogen wählen. Solche Forschungen hätten nach seiner Meinung für die Schweiz große wirtschaftliche Bedeutung. *K. A.*

1) Helv. Chim. Acta 19 (1936) S. 320.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

13. Lehrgang über Entstehung und Verhütung von Berufskrankheiten. — Der in ETZ 60 (1939) S. 1086 angekündigte Lehrgang findet nicht statt.

Tagung der Lilienthal-Gesellschaft. — Diese Tagung, die vom 11. bis 13. Oktober in Wien stattfinden sollte (s. ETZ, H. 36, S. 1086), wird auf unbestimmte Zeit verschoben.

AUS LETZTER ZEIT.

Verordnung zur Sicherstellung der Elektrizitätsversorgung. — Mit einer Verordnung vom 3. September wird vom Generalbevollmächtigten für die Wirtschaft im Einvernehmen mit dem Generalbevollmächtigten für die Reichsverwaltung und dem Oberkommando der Wehrmacht eine Reichsstelle für die Elektrizitätswirtschaft[1]) (Reichslastverteiler) mit dem Sitz in Berlin geschaffen[2]). Diese Reichsstelle hat erstens die Aufgabe, die Abgabe der zur Verfügung stehenden elektrischen Energie an die Verbraucher nach dem Grad der Dringlichkeit zu regeln, zweitens kann diese Reichsstelle Verbraucher vom Strombezug ausschließen oder in der Stromabnahme beschränken, und drittens kann sie alle Maßnahmen treffen, die zur Aufrechterhaltung der Energieversorgung der wichtigsten Verbraucher notwendig sind. Die Bezirkswirtschaftsämter sowie die Industrie- und Handelskammern üben im Auftrag der Reichsstelle deren Befugnisse für ihren Zuständigkeitsbereich aus.

Die Bestimmungen des Energiewirtschaftsgesetzes vom 3. 12. 1935[3]) bleiben während der Geltungsdauer der neuen Verordnung aufrechterhalten, soweit nicht in dieser Verordnung ein anderes bestimmt ist.

Die elektrische Beleuchtung im Luftschutzraum. — Da, wo ein Anschluß an das öffentliche Elektrizitätswerk vorhanden ist, kann eine Leitung in den Luftschutzraum gelegt werden. Das einwandfreie Funktionieren dieser Beleuchtung ist freilich von der Unversehrtheit des Elektrizitätswerkes und der Zuleitung abhängig. Beide aber können bei Luftangriffen zerstört oder beschädigt werden.

Eine zuverlässige Lösung ist deshalb eine völlig unabhängige elektrische Beleuchtung, für die ein Akkumulator den Strom liefert, und zwar sowohl in den Fällen, wo in dem Schutzraum die Beleuchtung überhaupt fehlt, als auch dort, wo eine solche im Anschluß an das Hausnetz bereits vorhanden ist. In diesem Falle hat sie als Notbeleuchtung, die ohnehin gefordert wird, ihren Zweck zu erfüllen. Akkumulatoren geschlossener Bauart können unbedenklich im Schutzraum untergebracht werden. Die Akkumulatorenwerke haben dafür geeignete Batterien und Lampen geschaffen. Je nach der Größe der Räume sind Notlichtanlagen, deren Batterien von einer Dauerladeeinrichtung in stets betriebsbereitem Zustand gehalten werden, Notlampen mit eigener Stromquelle oder kleine Zentralanlagen zu empfehlen; auch werden vielfach Akkumulatoren-Handlampen verwendet.

Die Starterbatterien und gleichzeitig die Lampen der vielen jetzt stillgelegten Wagen können für den Schutzraum ebenfalls behelfsmäßig verwendet werden. Auch die Ausgänge und gegebenenfalls Durchgangsräume können damit, wenn die Hauptlichtanlage versagt, beleuchtet werden.

1) Reichsgesetzblatt Teil I Nr. 163 vom 4. 9. 1939, S. 1607.

2) Als Leiter der Reichsstelle für die Elektrizitätswirtschaft ist der Direktor der Berliner Licht- und Kraft- (Bewag) AG, Dr.-Ing. Richard Fischer VDE, bestellt worden. Die Diensträume der Reichsstelle befinden sich Berlin W 8, Charlottenstr. 46.

3) ETZ 57 (1936) S. 21.

Digitized by Google

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Die Entwicklung der Erzeugung von elektrischer Energie und der Stand des Dampf-Kraftwerkbaus in Großbritannien[1]).

DK 621.311(41/42)

Die Erzeugung von elektrischer Energie in Großbritannien hat in den letzten Jahren, wie aus der Zahlentafel 1 hervorgeht, ständig zugenommen. Innerhalb der letzten 3 Jahre war der Zuwachs rd. 44%, innerhalb der letzten 10 Jahre rd. 144%. Um dieser vermehrten Anforderung von elektrischem Strom gerecht zu werden, mußten die Kraftwerke erweitert bzw. neue Kraftwerke gebaut werden. Dank der zunehmenden Vermaschung der Netze war es möglich, den Strombedarf bei wesentlich geringerem prozentualen Zuwachs an eingebauter Kraftwerksleistung zu decken (s. Zahlentafel 2). Die Generatorenleistung nahm in den letzten 3 Jahren nur um rd. 7,2 und in den letzten 10 Jahren um rd. 60% zu.

Zahlentafel 1.

Jahr	Stromerzeugung kWh
1928	9 927 850 630
1934	16 895 551 396
1935	18 993 474 436
1936	21 649 693 157
1937	24 314 845 292

Zahlentafel 2.

Jahr	Anzahl der Kraftwerke	gesamte inst. Leistung kW
1928	490	5 258 257
1934	437	7 837 154
1935	421	7 785 206
1936	398	8 099 870
1937	395	8 398 241

Auf Grund der verbesserten Wärmewirtschaft und der günstigeren Ausnutzung der Kraftwerke war es möglich, den Brennstoffverbrauch stetig zu verringern. Zahlentafel 3 gibt einen allgemeinen Überblick über das Ausmaß dieser Verbesserung. Der spezifische Kohlenverbrauch nahm im Mittel in allen englischen Kraftwerken um rd. 34% während der letzten 10 Jahre ab. In der gleichen Zeit sank der Kohlenverbrauch in den V. S. Amerika um rd. 20%.

Zahlentafel 3.

Jahr endend am		31. März 1928	31. Dezember 1935	31. Dezember 1936	31. Dezember 1937
Anzahl der Kraftwerke		344	266	258	242
Stromerzeugung	kWh	9 500 598 847	18 106 107 488	20 670 000 000	23 250 000 000
Durchschnittlicher Kohlenverbrauch	kg/kWh	0,98	0,70	0,67	0,65
Bestes Kraftwerk					
Stromerzeugung	kWh	325 427 230	797 749 600	1 050 147 270	1 206 604 200
Prozentsatz der ges. Stromerzeugung	%	3,43	4,41	5,82	5,19
spez. Wärmeverbrauch	kcal/kWh	4060	3000	2950	2950
Beste 20 Kraftwerke					
Stromerzeugung	kWh	2 659 072 395	8 121 579 010	8 954 581 317	10 265 562 810
Prozentsatz der ges. Stromerzeugung	%	27,98	44,85	43,37	44,15
spez. Wärmeverbrauch	kcal/kWh	4600	3520	3420	3350
Beste 50 Kraftwerke					
Stromerzeugung	kWh	4 624 857 414	12 560 030 151	14 794 299 518	17 411 851 854
Prozentsatz der ges. Stromerzeugung	%	48,70	69,40	71,60	74,90
spez. Wärmeverbrauch	kcal/kWh	4800	3750	3700	3630

Voraussetzung für diese Verringerung des spezifischen Wärmeverbrauches war neben der günstigen Auswirkung der besseren Belastungsverhältnisse hauptsächlich die Erhöhung von Betriebsdruck und Dampftemperatur.

Die einzigen Befürchtungen wegen der Druckerhöhung liegen in der zunehmenden Dampfnässe in den letzten Turbinenstufen, die Möglichkeit zu starker Erosionsbildung und zu Betriebsschwierigkeiten ergibt. Die Voraussetzung für eine weitere Erhöhung der Drücke ist dementsprechend die Herstellung von Werkstoffen, die für sehr hohe Temperaturen geeignet sind. Abgesehen von wenigen Fällen hat sich die Zwischenüberhitzung in England bisher nicht durchgesetzt. Es wird darauf hingewiesen, daß in dem Kraftwerk mit dem geringsten spezifischen Wärmeverbrauch der Welt, im Port Washington Kraftwerk[2]), Zwischenüberhitzung gewählt worden ist. Der wärmewirtschaftliche Gewinn der Zwischenüberhitzung wird mit 4 bis 5% angegeben. Das Dampfkraftwerk mit dem höchsten Betriebsdruck wird 1940 in Amerika in Betrieb gesetzt. Es handelt sich um das Twin Branch Kraftwerk der American Gas and Electric Co. Der Betriebsdruck ist 176 at, die Dampftemperatur 505°C. Die Zwischenüberhitzung liegt bei einem Druck von 31,5 at.

Von besonders großer Bedeutung ist die Vorschaltung von Turbosätzen vor alte Kondensationsmaschinen in vorhandenen Dampfkraftwerken in Amerika geworden. Der Wärmeverbrauch der alten Anlagen kann auf diese Weise um 15 bis 35% bei sehr geringem Kostenaufwand verbessert werden. Vorschaltanlagen dieser Art werden auch für englische Verhältnisse für zweckmäßig erachtet.

Zweistoff-Dampfkraftwerke sind in den V. S. Amerika nicht weiter entwickelt worden, da sich verschiedene Störungen gezeigt und die wärmewirtschaftlichen Verbesserungen in den reinen Dampfkraftwerken die Gewinnmöglichkeiten eingeschränkt haben. In den größeren Dampfkraftwerken werden Turbosätze mit einer Leistung von 50000 bis 100000 kW bevorzugt. Turbinen dieser Leistung haben durchweg eine Drehzahl von 1500 U/min. Turbosätze von 30000 bis 40000 kW werden dagegen mit 3000 U/min. ausgeführt. Die übliche Ausführung ist die zweizylindrige. Bei den größten Turbinen werden Dreigehäusemaschinen verwandt. Eine Ausnahme zu den üblichen Einwellenmaschinen bildet der für das Kraftwerk Battersea B bestellte 100000 kW-Maschinensatz, der in Zweiwellenanordnung aus einer 100 at-Hochdruck-Vorschaltturbine mit einer Leistung von 16000 kW und aus einer nachgeschalteten 43,5 at-Kondensationsmaschine mit 84000 kW zusammengesetzt ist. Die Maschine hat einen einzigen Kondensator mit einer Kühlfläche von 6500 m². Die Speisewassertemperatur wird neuerdings mit rd. 177°C bei den größeren Turbosätzen gewählt. Es ist üblich, für je rd. 28°C Aufwärmung einen Speisewasservorwärmer zu nehmen. Große Fortschritte sind in der Verwendung von Generatoren für höhere Spannung erzielt worden. 35 Turbosätze über 25000 kW wurden mit einer Spannung von 20 bis 36 kV ausgeführt.

Eine der interessantesten Entwicklungen ist die Verwendung der Wasserstoffkühlung für Generatoren. In den V. S. Amerika

[1]) Leonard Pearce, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 342; 16 S.

[2]) ETZ 58 (1937) S. 276.

Digitized by Google

sind während der letzten drei Jahre 33 solcher Generatoren mit einer Gesamtleistung von nahezu 1,5 Mill kW bestellt worden. Als Vorteil wird gewertet, daß die Luftreibungsverluste auf ungefähr den 10. Teil gesenkt werden können und daß die Leistung um ungefähr 20% zunimmt. Die Wasserstoffkühler werden kleiner als Luftkühler und die Maschine läuft bedeutend ruhiger. Als Nachteil muß die Explosionsgefahr in Kauf genommen werden. Die Betriebserfahrungen sollen jedoch dahin gehen, daß mit zunehmender Vertrautheit die Betriebsüberwachung nicht schwieriger wird als bei luftgekühlten Maschinen.

Die Kesselleistung ist in den letzten Jahren gewachsen. Es sind 117 Kessel mit einer Leistung von 90 t/h und mehr im Bau und im Betrieb. Die beliebteste Größe scheint zwischen 90 und 115 t/h zu liegen. Für größere Kraftwerke wird auch eine Kesselleistung von 135 bis 160 t/h bevorzugt. Der größte Kessel wird im Kraftwerk Battersea B mit 250 t/h aufgestellt. Es wird bevorzugt, 2 Dampfkessel für jeden Turbosatz aufzustellen. Die Kesselleistung wird dann so gewählt, daß jeder Kessel imstande ist, etwa 70% der Turbinenleistung an Dampf zu erzeugen. Zwangdurchlauf- und Zwangumlaufkessel führen sich bisher nur langsam in England ein. In der Frage der Feuerung neigt man in England mehr zur Rostfeuerung. Es ist heute möglich, Kessel bis zu einer Leistung von 225 t/h noch mit Rosten anstatt mit Kohlenstaubfeuerung auszurüsten.

In England ist man bisher noch bei ölarmen Schaltern geblieben. Es ist noch nicht das Bestreben erkennbar, Expansions- bzw. Preßluftschalter usw. an Stelle von Ölschaltern aufzustellen. *Schr.*

Jubiläum. — Am 3. Oktober d. J. kann die Electricitäts-Gesellschaft „Sanitas" G. m. b. H. in Berlin NW 7 auf ein 40jähriges Bestehen zurückblicken. Gleichzeitig feiert ihr Gründer und Betriebsführer, Herr Robert Otto, seinen 80. Geburtstag. Im Jahre 1899 hatte der Betrieb 5 Mann, heute sind es mehrere tausend, die auf den verschiedenen Gebieten der Elektromedizin und des Röntgenapparatebaues in dieser Firma tätig sind. Anläßlich des Doppeljubiläums wurde in der Schrift „Ein Leben für das Werk" die Geschichte der „Sanitas" niedergelegt.

Handelsregistereintragungen. — Studiengesellschaft für Elektronengeräte m. b. H., Hamburg, Große Bleichen 22 (100 000 RM): Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Elektronengeräte in weiterem Sinne. — Die Kärntner Wasserkraftwerke AG., Klagenfurt, hat ihren Firmawortlaut wie folgt geändert: Kärntner Elektrizitäts-AG. (666 660 RM): Bau und Betrieb energiewirtschaftlicher, insbesondere elektrizitätswirtschaftlicher Anlagen und der damit zusammenhängenden Aufgaben.

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Welt-Elektro-Ausfuhr 1. Halbjahr 1939. — Die Welt-Elektro-Ausfuhr betrug im ersten Halbjahr 1939 588,3 Mill RM; gegenüber dem ersten Halbjahr 1938 ist sie um 30 Mill RM oder 5% zurückgegangen, sie liegt aber 32 Mill RM oder 6% höher als im ersten Halbjahr 1937 (Zahlentafel 1). Die Mehrzahl der Länder hat das Ergebnis des Vorjahres im ersten Halbjahr 1939 nicht erreichen können. Eine Ausnahme machen lediglich die Niederlande, Schweden, Frankreich, Dänemark und Japan, die ihre Ausfuhr gegenüber dem ersten Halbjahr 1938 verbessert haben. Besonders groß war dabei die Zunahme der japanischen Ausfuhr (+36%), sowie der schwedischen Ausfuhr (+19%). Großdeutschland steht unter den Lieferländern wieder an erster Stelle mit 28,1% 1939, gegenüber 27,3% 1938 und 26,6% 1937, nach wie vor gefolgt von den V. S. Amerika, Großbritannien und den Niederlanden, die zusammen im ersten Halbjahr 1939 50% der Welt-Elektro-Ausfuhr bestreiten.

Zahlentafel 1. Welt-Elektro-Ausfuhr 1. Halbjahr 1937 bis 1939 [1]).

Länder [2])	1. Halbjahr 1937	1. Halbjahr 1938	1. Halbjahr 1939	Anteil an der Welt-Elektro-Ausfuhr 1. Halbjahr 1937	1938	1939
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	%	%	%
Großdeutschland	147,7	168,6	165,3	26,6	27,3	28,1
V. S. Amerika	155,2	145,0	133,4	27,9	23,5	22,7
Großbritannien	108,3	133,7	120,1	19,5	21,6	20,4
Niederlande	41,1	41,3	41,9	7,4	6,7	7,1
Japan	19,3	22,6	30,7	3,5	3,7	5,2
Schweden	15,4	18,3	21,8	2,8	3,0	3,7
Frankreich	14,1	16,0	16,9	2,5	2,6	2,9
Belgien-Luxemburg	15,3	20,7	15,3	2,7	3,3	2,6
Schweiz	13,0	17,3	15,0	2,3	2,8	2,6
Italien	4,8	10,3	8,4	0,9	1,7	1,4
Ungarn	8,5	8,3	7,5	1,5	1,3	1,3
Canada	6,8	7,8	3,5	1,2	1,2	0,6
Dänemark	2,9	3,1	3,5	0,5	0,5	0,6
Tschecho-Slowakei	3,9	5,3	[3]) 5,0	0,7	0,8	0,8
insgesamt	556,3	618,3	588,3	100	100	100

[1]) Ausfuhr von 14 Ländern, die rd. 95% der Welt-Elektro-Ausfuhr bestreiten.
[2]) geordnet nach der Größe der Ausfuhr 1939.
[3]) Bis 31. 3. 1939 Tschecho-Slowakei, ab 1. 4. 1939 Böhmen—Mähren.

Griechenland. Elektro-Einfuhr 1938. — Die Elektro-Einfuhr Griechenlands betrug im Jahre 1938 12,4 Mill RM. Sie ist gegenüber 1937 um fast 3 Mill RM oder 30% gestiegen, gegenüber 1936 sogar um 5 Mill RM oder 67% (Zahlentafel 1). Die Hauptzunahme liegt bei den Gruppen der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, in denen die Einfuhr um ein Vielfaches des Wertes von 1937 zugenommen hat. Ebenso ist bei Maschinen eine Zunahme von über 50% eingetreten, bei Kabel und Drähten, Instrumenten und Apparaten eine Zunahme von 2 bis 3%. Bei Glühlampen und den nicht besonders benannten Artikeln für die Elektrotechnik ist dagegen eine Einfuhr-Minderung eingetreten. Unter den Lieferländern (Zahlentafel 2) steht Deutschland mit 77% an erster Stelle. Bedeutende Lieferanten waren außerdem Großbritannien und die V. S. Amerika, die zusammen 16,6% der Einfuhr von 1938 deckten.

Zahlentafel 1. Griechenland: Elektro-Einfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil a. d. Ges.-Elektro-Einfuhr 1936	1937	1938
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	%	%	%
Dynamomaschinen, Elektromotoren	554	644	993	7,5	6,8	8,0
Drähte, Kabel und Schnüre aus unedlem Metall	3014	4218	4306	40,6	44,4	34,7
Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie u. Telephonie						
Rundfunk	536	406	2190	7,2	4,3	17,6
andere	150	279	1059	2,0	2,9	8,5
Glühlampen	432	318	163	5,8	3,3	1,3
Haushaltgerät	.	.	} 524	.	.	} 4,2
Instrumente u. Apparate [1])	2100	2805	} 2370	28,3	29,5	} 19,1
nicht bes. ben. Artikel für die Elektrotechnik [2])	640	840	821	8,6	8,8	6,6
insgesamt	7426	9510	12 426	100	100	100

[1]) Hierin u. a. Telegraphie und Telephonie mit Draht, Elektromedizin, Akkumulatoren, Transformatoren, Gleichrichter.
[2]) Hierin u. a. Schaltapparate, Installationsmaterial.

Zahlentafel 2. Griechenland: Elektro-Einfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer [1])	1936	1937	1938	Anteil a. d. Ges.-Elektro-Einfuhr 1936	1937	1938
	1000 RM	1000 RM	1000 RM	%	%	%
Großdeutschland	5616	7091	9595	75,6	74,5	77,2
Großbritannien	522	1005	1114	7,0	10,6	9,0
V. S. Amerika	674	627	946	9,1	6,6	7,6
Italien	1	153	266	0,0	1,6	2,1
Niederlande	161	101	160	2,2	1,1	1,3
sonstige Länder	452	533	345	6,1	5,6	2,8
insgesamt	7426	9510	12 426	100	100	100

[1]) geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Isolierstoffe.

Der Ausschuß für Isolierstoffe hat durch seinen Unterausschuß „Faserstoffe" einen Entwurf zu

DIN VDE 607 „Hartpapierrohr, Hartgeweberohr, gewickelt, nicht nachgepreßt"

aufstellen lassen, der in ETZ 60 (1939) S. 1138 veröffentlicht ist. Hierbei sind bereits die demnächst in Kraft tretenden neuen Bezeichnungen für Hartgewebe aus Zellwolle GZ und FZ mit berücksichtigt.

Begründete Einsprüche zu dem Entwurf können bis zum 20. Oktober 1939 bei der Geschäftstelle eingereicht werden.

Ausschuß für Isolatoren.

Der Unterausschuß Nebelprüfung hat einen Entwurf zu

VDE 0448 „Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren"

ausgearbeitet, der in ETZ 60 (1939) H. 39, S. 1136 veröffentlicht ist. In diesem Zusammenhang wird auf die einführenden Bemerkungen des Ausschußvorsitzenden, Herrn Dr.-Ing. W. Weicker VDE, verwiesen (s. S. 1135).

Einsprüche und Anregungen sind spätestens bis zum 31. Oktober 1939 an die Geschäftstelle einzureichen.

Ausschuß für Errichtungsvorschriften I.

Der Ausschuß für Errichtungsvorschriften I hatte die in ETZ 59 (1938) H. 44, S. 1183 veröffentlichte Änderung von

VDE 0100 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V."

auf Wunsch des Vorsitzenden des VDE nachträglich zur Kritik gestellt; eine diesbezügliche Bekanntmachung war in ETZ 60 (1939) H. 20, S. 615 enthalten. Die hierauf eingegangenen Einsprüche sind ordnungsgemäß behandelt worden, haben jedoch nicht zu einer Änderung des bisher festgelegten und bereits seit dem 5. November 1938 in Kraft befindlichen Wortlautes geführt.

Der ebenfalls in ETZ 60 (1939) H. 20, S. 615 veröffentlichte Entwurf zu einer geänderten Fassung von § 31 d) von VDE 0100 braucht auf Grund von Einsprüchen nicht geändert zu werden. Der nunmehr als endgültig zu betrachtende Wortlaut dieser 8. Änderung der ab 1. Januar 1930 gültigen Fassung von VDE 0100 (Sonderdruck VDE 0100 e/IX. 39) wurde im September 1939 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Ernst Dreefs †.

Am 14. Mai verstarb im 73. Lebensjahre Herr Ingenieur Ernst Dreefs VDE aus Unterrodach i. Obfr., Begründer und Inhaber der gleichnamigen Firma. Ernst Dreefs, einer der ältesten Vertreter der Elektrotechnik, stammte aus Halle a. S., wo er zunächst seine praktische Ausbildung in der väterlichen Werkstatt genoß, die er später in Berlin u. a. bei den Firmen Gebr. Naglo und Keiser & Schmidt fortsetzte. In Berlin besuchte er die Tagesklasse der Fachschule für Mechanik, Optik und Elektrotechnik, die jetzige Gaußschule. Seine Konstrukteurtätigkeit begann er bei der Firma Voigt & Haeffner A.-G., Frankfurt a. M. Anschließend arbeitete er bei verschiedenen Firmen in leitenden Stellungen. Im Jahre 1897 wurde ihm von der Firma Mix & Genest, Berlin, die Einrichtung einer Fabrik für Starkstrom-Installationsmaterial des Charlottenburger Werkes übertragen, das er von Grund auf schuf und dem er bis zum Jahre 1902 als Chefingenieur vorstand. Hiernach gründete er in Unterrodach i. Obfr. die Firma Ernst Dreefs, Fabrik elektrotechnischer Bedarfsartikel, deren Haupterzeugnis bis heute noch elektrische Drehschalter sind. Ernst Dreefs hat sich schon bei der Firma Voigt & Haeffner auf dem Spezialgebiet der Drehschalter betätigt und hat an dem heutigen hohen Stand der deutschen Drehschalter-Fabrikation hervorragenden Anteil.

E. Dreefs †.

Korrekt wie seine Arbeit war auch seine Lebensführung. Den Betriebsangehörigen seiner Firma wird Ernst Dreefs stets ein unvergeßliches Vorbild von Fleiß und Ausdauer, Energie und sozialer Denkungsart bleiben.

R. Swinne †.

Richard Swinne verstarb am 6. August 1939 im 55. Lebensjahr nach längerer, schwerer Krankheit in Berlin-Siemensstadt. In ihm verliert die deutsche technische Physik einen ihrer eifrigsten Förderer. Er besuchte in seiner Vaterstadt Riga (Livland) das Gymnasium und beendete an der dortigen Technischen Hochschule das Studium der physikalischen Chemie und Physik mit der Diplom-Ingenieur-Prüfung. Nach mehrjähriger Assistententätigkeit studierte er in den Jahren vor 1914 im Auftrage des russischen Unterrichtsministeriums an den Universitäten Tübingen und Heidelberg. Dort war er Schüler des Trägers des Nobelpreises und Deutschen Nationalpreises Philipp Lenard, dem er bis zuletzt freundschaftlich verbunden blieb. Nach einer Tätigkeit von mehreren Jahren in der chemischen und Glasindustrie war R. Swinne seit 1924 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Zentrallaboratorium der Siemens & Halske AG und der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Forschungsarbeiten der Siemenswerke tätig.

Ein Grundzug seiner zahlreichen Veröffentlichungen war, eine Verbindung zwischen Physik und Chemie herzustellen; damit sind die Hauptarbeitsgebiete gekennzeichnet: Radioaktivität, periodisches System und Aufbau der Materie. Darüber hinaus war R. Swinne auf Grund seines allseitigen und weitreichenden Wissens in allen Gebieten der Physik und Chemie in der Lage, für die Allgemeinheit recht fruchtbringende Arbeit in der Schriftleitung der Wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus den Siemenswerken und der Zeitschrift für technische Physik zu leisten, die er seit $1^1/_4$ Jahren allein führte.

Digitized by Google

Die Zeitschrift „Physik in regelmäßigen Berichten" betreute er seit ihrer Gründung.

Die vielfältige Begabung, das reiche Wissen des Verstorbenen verband sich mit einer liebenswürdigen Hilfsbereitschaft für seine Fachgenossen und mit einer Aufgeschlossenheit für die Erfordernisse des nationalen Lebens, so daß sein Tod nicht nur von der Familie, sondern auch in weiteren Kreisen der deutschen Technik schmerzlich empfunden wird.

E. Lübcke.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621 + 621.3 : 627.3

Mechanische Hafenausrüstungen insbesondere für den Umschlag. Von Dipl.-Ing. O. Wundram. Mit 153 Abb., V u. 172 S. im Format B 5. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 18 RM, geb. 19,80 RM.

In gedrängter Form bringt das Buch einen Überblick über die vielseitigen maschinellen Einrichtungen, die für den Umschlag des Frachtgutes im Hafen erforderlich sind. Den Ausführungen ist ein kurzer Abschnitt über die Entwicklung der Hafenausrüstungen vorangestellt, die durch den Schiffsverkehr und die Schiffsgröße bedingt wurde. Ein breiter Raum ist den eigentlichen Umschlagsgeräten für Stück- und Schüttgut gewidmet. Es werden die in Deutschland und im Ausland üblichen Ausrüstungen behandelt, ferner eine große Zahl von Sondergeräten und die Bordausrüstungen der Schiffe. Die Elektrotechnik ist sowohl als Antriebs- und Steuermittel für die verschiedenen Hebezeuge und Transportgeräte wie auch als Signalmittel nicht mehr wegzudenken. Außerdem werden die mit dem Umschlag zusammenhängenden technischen Hafenausrüstungen — Bagger, Bergungsgeräte, Feuerschutz, Schleusen usw. — behandelt. Ein kurzer Abschnitt über die Selbstkosten- und Gebührenberechnung schließt das Buch.

Der Stoff ist in übersichtlicher Ordnung bearbeitet, ohne jeweils auf technische Einzelheiten weiter einzugehen als für das Verständnis der Arbeitsweise erforderlich ist; dafür werden die Anlagen mehr vom Betriebsstandpunkt aus betrachtet. Die zahlreichen Bildbeigaben sind sehr anschaulich.

R. Herbst VDE.

DK 621.822.6

Gestaltung von Wälzlagerungen. Von W. Jürgensmeyer. (Konstruktionsbücher. Bd. 4. Herausg. von Prof. Dr.-Ing. E.-A. Cornelius.) Mit 134 Abb., IV u. 92 S. im Format 155×230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 4,80 RM.

Angesichts der Tatsache, daß die elektrischen Maschinen durchweg mit Wälzlagern ausgerüstet werden, so daß der Einbau von Gleitlagern fast nur auf Sonderfälle beschränkt ist und diese Lager in ihren Abmessungen den Wälzlagern angepaßt werden, gewinnt das Schrifttum über die zweckmäßige Auswahl der Wälzlager, ihren Einbau und ihre Behandlung erhöhte Bedeutung. Es ist darum erfreulich, daß dieses Gebiet, das von dem gleichen Verfasser in seinem ausgezeichneten Buch über die Wälzlager bereits sehr eingehend behandelt wurde, nunmehr in handlicher, übersichtlicher Form dem Konstrukteur und dem Betriebsmann vorgelegt wird.

In dem ersten Kapitel über die Lagerarten ist die Übersicht über die Benennung der Wälzlager und ihrer Teile eine angenehme Ergänzung. Den größeren Teil des Buches bildet das zweite Kapitel, das die Gestaltung der Lagerstellen unter besonderer Berücksichtigung der Lagerkräfte und des Einbaus der Lager behandelt. Der Schmierung und Abdichtung sind eigene Abschnitte gewidmet, deren Inhalt über das bisher Bekannte weit hinausgeht und die in gedrängter Form alles Wissenswerte vermitteln.

Das Heftchen ist eine erfreuliche Ergänzung des Schrifttums über Wälzlager.

E. vom Ende.

DK 620.2

Werkstoff-Ratgeber. Von Dr.-Ing. H. v. Renesse. Mit 399 S. im Format A 5. Verlag W. Girardet, Essen 1939. Preis geb. 8,40 RM.

Der Verfasser hat sich mit seinem Buch die Aufgabe gestellt, in knapp zusammengefaßter Form, vor allem auf praktische Bedürfnisse abgestellt, das für den Techniker und den Kaufmann Wissenswerte über alle wichtigen metallischen und nichtmetallischen Werkstoffe zu bringen und hat dabei die Kunststoffe an erste Stelle gesetzt. Begrüßenswert ist, daß für jeden einzelnen Werkstoff nach einer kurzen einführenden Bemerkung auf seine Bedeutung als Heimstoff hingewiesen wird und weiterhin nach ausführlicher Besprechung der Haupteigenschaften auf die Sparmöglichkeiten sowohl im Sinne nationalsozialistischer Wirtschaftsführung (Vierjahresplan) als auch im Sinne der neuen Konstruktionslehre bezüglich werkstoffgerechter Gestaltung eingegangen wird. Durch die Erwähnung der bestehenden Vorschriften über Normung, Lieferungsbedingungen und übliche Handelssorten wird mancher Hinweis zur schnelleren Orientierung gegeben, während die zahlreich angeführten Quellenangaben, die bis in die letzte Zeit ergänzt sind, auch ein genaueres Studium ermöglichen. Die Anführung von Forschungsanstalten, Auskunftsstellen, technischen Vereinen und Verbänden entspricht der Absicht des Buches, Ratgeber auch für den technisch nicht Eingeweihten zu sein.

A. Thum.

DK 31 (100)

Hübners Weltstatistik. 73. Ausgabe 1939 von Otto Hübners geographisch-statistischen Tabellen aller Länder der Erde. Neu bearb. von Dr. Ernst Roesner. 327 S. im Format 235×310 mm. Verlag L. W. Seidel & Sohn, Wien 1939. Preis geb. 15 RM.

Die Elektrowirtschaft ist recht stiefkindlich behandelt; denn die Stromerzeugung ist nur in einem Anhange zu Abteilung III: Landwirtschaft, Viehstand, Bergbau und Industrie für 13 Länder der Erde und die Jahre 1935, 1936, 1937 kurz zusammengefaßt, mit den drei Spalten: kWh insgesamt — davon öffentliche Werke und Wasserkraftwerke; für Deutschland fehlen zudem noch die Angaben für das Jahr 1937. Von den 327 Seiten, die das Buch umfaßt, ist die Elektrizitätswirtschaft auf einer Viertelseite abgetan.

Bei der überragenden Bedeutung, welche ihr heute für die gesamte Weltwirtschaft zukommt, dürfte ein weit umfassenderes Eingehen in der nächsten Auflage wohl am Platze sein.

B. Thierbach.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

AFA-Rundschau. Hausmitteilungen der Accumulatoren-Fabrik AG. Erscheint alle 2 Monate. Juli 1939.

[Das erste Heft der nun erstmalig als Hausmitteilung herausgegebenen AFA-Rundschau bringt folgende Beiträge: Batterien auf Bodenseeschiffen, die akkumulator-elektrischen Schienenfahrzeuge des Bochumer Vereins, Messung des Entladestandes von Bleiakkumulatoren und die deutsche Rundfunktechnik statistisch gesehen. Die beiden letzten Seiten des 12 Seiten starken Heftes enthalten kurze Mitteilungen aus Wirtschaft und Technik und eine Zeitschriften- und Bücherschau.]

Elektrische Höchstspannungen. Von Dr. A. Bouwers (Technische Physik in Einzeldarstellungen. Bd. 1. Herausg. v. W. Meißner und G. Holst.) Mit 239 Abb., IX u. 333 S. im Format 165 × 235 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 29,40 RM, geb. 31,20 RM.

Der Kondensator in der Fernmeldetechnik. Von Dr.-Ing. G. Straimer. (Physik und Technik der Gegenwart. Bd. VI. Herausg. von Prof. Dr. H. Faßbender.) M 267 Abb., X u. 229 S. im Format 150 × 225 mm. Verlag von S Hirzel, Leipzig 1939. Preis geh. 13,50 RM, geb. 15,00 RM.

Schule des Funktechnikers;. Ein Hilfsbuch für den Beruf mit bes. Berücksichtigung der Rundfunktechnik. Von Hanns Günther und H. Richter. 3. Bd.: Aufgaben aus der Praxis. Mit 412 Abb. u. 256 S. im Format B 5. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1939. Preis geh. 16,00 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. K. Kirsch VDE, Berlin-Karlshorst, Ehrenfelsstr. 31.
Dipl.-Ing. H. Pfannenmüller VDE, Berlin-Siemensstadt, Wattstr. 4.
Obering. Dipl.-Ing. E. Tritschler VDE, Chemnitz, Weststr. 44.
Dr.-Ing. W. Weicker VDE, Bad Klosterlausnitz i. Thür., Waldstr. 12.

Abschluß des Heftes: 22. September 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | **Berlin, 5. Oktober 1939** | **Heft 40**

Aus der Entwicklung der Schnellbahnen.

Ältere und neuere Entwürfe und Versuche.

Von **Hans Kother** VDE, Berlin.

DK 625.3(09)

Übersicht*). Voraussetzung für den Bau von Schnellbahnen ist die Erfüllung der Bedingungen: richtige Anwendung der Naturgesetze, einwandfreie Beherrschung der im praktischen Betrieb auftretenden Schwierigkeiten und größte Wahrscheinlichkeit für Wirtschaftlichkeit des Betriebes. — Beschreibung und Würdigung der Entwürfe und Versuche auf dem Gebiet der Ein- und Zweischienen-Standbahnen, der Einschienen-Hängebahn (Kruckenberg) und der Hängebahn mit elektromagnetischer Aufhängung (Kemper). — Aussichten und wirtschaftliche Fragen des Schnellverkehrs.

Die wichtigsten Voraussetzungen beim Entwurf von Schnellbahnen.

Man bezeichnet als Schnellbahnen solche, die schneller fahren als andere, den gleichen Verkehrsaufgaben dienende Bahnen. In diesem Aufsatz sollen nur die für den Fernverkehr in Betracht kommenden Bahnen behandelt werden. Vor einem Jahrhundert waren Geschwindigkeiten von 100 km/h für die ersten Eisenbahnen mindestens ebensosehr eine Utopie wie 250 oder 300 km/h vom Standpunkt des Verkehrsingenieurs von heute. Der Fortschritt der Technik gestattet eben im Laufe der Zeit, „unmöglich" erscheinende Dinge wahrzumachen. Trotzdem sind nicht alle Vorschläge brauchbar, denn nur das technisch Einfache und Zweckmäßige hat Aussicht, ohne allzuviel Überraschungen und „Kinderkrankheiten" in die Tat umgesetzt zu werden.

Für Geschwindigkeiten über 250 km/h liegt heute erst ein geringes Verkehrsbedürfnis vor. Diese und noch höhere Geschwindigkeiten — insbesondere auf Strecken, die wesentlich länger als 500 bis 1000 km sind — kommen nur für eine verhältnismäßig kleine Zahl von Reisenden in Betracht und werden deshalb am besten dem Flugverkehr überlassen. Wo die wirtschaftliche Grenze zwischen Flug- und Schienenverkehr liegt, kann nicht allgemein gesagt werden, da sie vom technischen Aufwand und den erzielbaren Einnahmen abhängt, deren Höhe von dem Wert der ersparten Zeit bestimmt wird.

Die wichtigsten Voraussetzungen für den Bau von Schnellbahnen sind:

1. Der Entwurf muß technisch einwandfrei sein, darf also zu den bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen nicht in Gegensatz stehen. (Ausnahmen — z. B. Kopernikus und Galilei auf dem Gebiet der Astronomie — bestätigen die Regel.)
2. Die Ausführung des Entwurfs muß mit technisch einfachen Mitteln durchgeführt werden können.
3. Der wirtschaftliche Aufwand für Bau, Betrieb und Erhaltung muß in Einklang mit den Einnahmen stehen, es sei denn, daß übergeordnete Gesichtspunkte (z. B. die der Landesverteidigung oder der Wissenschaft) die Frage des wirtschaftlichen Betriebes zurückstellen.

Diese drei technisch-wirtschaftlichen Forderungen, die ein Schnellbahnentwurf zu erfüllen hat, können zwar bei einer entwicklungsgeschichtlichen Betrachtung nicht bei jedem Entwurf näher behandelt werden; sie sind jedoch vorweg aufgestellt worden, damit der Leser von sich aus die richtige Einstellung zu den verschiedenen Vorschlägen findet.

Entwürfe und Versuche auf dem Gebiet der Schnellbahnen.

Der Gedanke der Schnellbahnen ist so alt wie die Eisenbahn. Hier sei an die Wettfahrt der Stephensonschen Lokomotive mit denen der Konkurrenz erinnert. Einer der ersten, ernst zu nehmenden Vorschläge, auf Vollbahnen Geschwindigkeiten von über 200 km/h zu erreichen, stammt aus dem Anfang der neunziger Jahre. Inzwischen ist die Geschwindigkeit von 200 km/h bei Versuchsfahrten mehrfach überschritten worden, aber 250 km/h haben Schienenfahrzeuge noch nicht erreicht. Der Reisende der Jetztzeit rechnet Geschwindigkeiten von 140 bis 160 km/h (berechtigterweise) schon zum Schnellverkehr, Erfindungen und Versuche eilen also dem heutigen Betriebszustand weit voraus.

Die Wege, auf denen die Erfinder die hohen Fahrgeschwindigkeiten erreichen wollen, teilweise auch bei Versuchen erreicht haben, sind sehr verschieden:

Die Bahnen sind nach der Art der Bindung an das Gleis zu unterscheiden und lassen sich im wesentlichen in die Gruppen Stand- und Hängebahnen aufteilen.

Der Antrieb des Fahrzeuges — durch Dampf, Verbrennungsmotoren oder Elektrizität, teils durch Ausnutzung der Reibung zwischen Rad und Schiene oder durch Luftschrauben — ist nicht für den Charakter der Schnellbahn ausschlaggebend, sondern als Folge der Eigenart des Bahnentwurfs anzusehen. Immerhin eignet sich für die Mehrzahl der Schnellbahnen der elektromotorische Antrieb am besten.

I. Standbahnen.

Bei Standbahnen befindet sich das Gleis, das aus ein oder zwei Schienen besteht, unter dem Fahrzeug.

*) Auszug aus einem Vortrag, gehalten im VDE-Bezirk Berlin am 7. 2. 1939 (Fachgebiet Elektrische Bahnen). Ein Bericht über die Aussprache wird im Anschluß an den Aufsatz veröffentlicht.

Digitized by Google

Einschienenbahnen.

Im folgenden sollen nur „echte“ Einschienenbahnen behandelt werden, d. h. solche, die außer einer einzigen Tragschiene keine weiteren, an der Abstützung beteiligten Schienen aufweisen.

Die durch Kreisel stabilisierte Einschienenbahn nach Brennan und Scherl.

Der Gedanke an Einschienenbahnen, die durch Kreisel stabilisiert werden, kam im Anfang des Jahrhunderts auf und wurde etwa gleichzeitig von Brennan[1]) und Scherl[2])[3])[4]) verfolgt. Nachdem zunächst jeder für sich Versuche anstellte, haben sich später beide vereinigt, um der Einschienenbahn zum Siege zu verhelfen, letzten Endes ohne Erfolg. Während Brennan seinen Einschienenbahnbetrieb auf provisorische, langsam fahrende Bahnen oder auf Kolonialbahnen beschränken wollte, dachte Scherl an ein ausgesprochenes Schnellbahnsystem mit Geschwindigkeiten von 200 km/h.

Als besonderen Vorteil des Einschienenbahnsystems sah Scherl die Möglichkeit an, bei Einschienenbetrieb engste Kurven mit beliebiger Geschwindigkeit zu befahren. Außerdem sollte der Grundstückserwerb für den Bahnkörper der Einschienenbahn billiger sein. Beide Punkte wurden von den Gegnern des Systems lebhaft bestritten.

Während Scherl in einer besonderen Schrift[4]) die die allgemeinen Fragen des Schnellverkehrs in einer auch nach heutigen Anschauungen geschickten und richtigen Weise behandelt, geht er auf die technische Seite seines Einschienenwagens, obschon dieser als Träger des ganzen Scherlschen Systems aufzufassen ist, nur unvollkommen ein. Es hat Jahre gedauert, bis die Fachwelt eine einigermaßen klare Übersicht von den technischen Einzelheiten seines Wagens bekam.

Abb. 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Einschienenbahnwagen. Der Wagen steht, im labilen Gleichgewicht befindlich, auf einer Kugelkopfschiene und würde sofort nach links oder rechts umstürzen, wenn er nicht durch besondere Maßnahmen daran gehindert würde. Im Innern des Wagens ist ein Gehäuse, das einen Kreisel enthält, derart gelagert, daß es sich um die Achse *AB*, die quer durch den Wagen geht, drehen kann. Senkrecht zur Achse *AB* und senkrecht zum Gleis (in der Achse *CD*) dreht sich der Kreisel mit hoher Drehzahl. Damit wenig Reibungsverluste durch die umgebende Luft entstehen, ist das Gehäuse, in dem der Kreisel untergebracht ist, evakuiert (etwa 1/60 at).

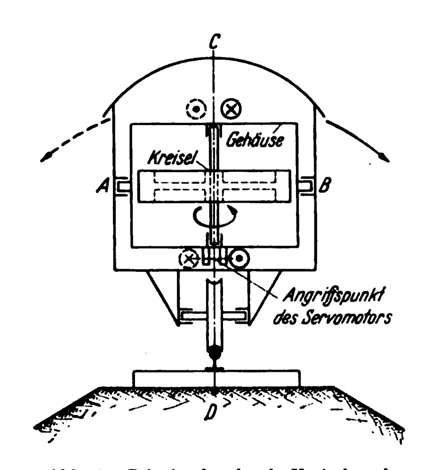


Abb. 1. Prinzip der durch Kreisel und Servomotoren stabilisierten Einschienenbahn (Brennan und Scherl, 1903 bis 1910).

Wenn der Wagen nach rechts umfallen will (s. ausgezogenen Pfeil), so wird auf die Kreiselachse *CD* ein Drehmoment ausgeübt. Der Kreisel will dann seine Achse *CD* in einer um 90° versetzten Ebene, der Fahrzeuglängsebene, verdrehen (Präzession) und dadurch sein Gehäuse verstellen. Die Drehrichtung ist in den ausgezogenen Kreisen angegeben.

Beschleunigt man nun durch eine Steuereinrichtung, z. B. einen Servomotor, die durch das Kippen des Wagens eingeleitete Bewegung des Kreiselgehäuses, so erzeugt man ein Drehmoment, das dem Kippmoment entgegengesetzt gerichtet ist, d. h. es wirkt der Kreisel wie eine im Raum feststehende große Masse, an der sich der Wagen mit Hilfe eines Servomotors wieder aufrichtet.

Der Servomotor muß von den Relativbewegungen, die beim Kippen zwischen Kreiselgehäuse und Wagen auftreten, gesteuert werden.

Die in Abb. 1 dargestellte Kreiselanordnung kann auch durch eine andere ersetzt werden, bei der die Kreiselachse *CD* die dargestellte Richtung von *AB* einnimmt und wobei *AB* in die jetzige Lage *CD* kommt. Bedingung ist nur, daß die Kreiselachse nicht parallel, sondern senkrecht zur Kippachse des Fahrzeuges, also zur Schiene, steht[5]) bis [13]). Bei der Ausführung der Kreiselwagen sind ein oder mehrere Paare von Kreiseln zu verwenden, die in entgegengesetztem Sinne umlaufen und deren Gehäuse miteinander derart gekuppelt sind, daß sie entgegengesetzte Kippbewegungen ausführen. Dadurch addieren sich die Wirkungen der Kreisel beim seitlichen Kippen des Wagens, während sie sich beim Kurvenfahren und in Steigungen neutralisieren.

Es ist festzustellen, daß die Scherlschen Forderungen nach Schnelligkeit, Sicherheit, Behaglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Kontinuität (starrer Fahrplan)[14]) mit der üblichen Zweischienen-Standbahn mindestens ebensogut erfüllt werden können[15]). Selbst Kürth[16]), der technische Leiter des Scherlschen Einschienenbahnunternehmens, gibt zu, daß die Fahrzeuge der Zweischienenbahn für 200 km/h geeignet sind, und daß nur der (damalige) Zweischienenoberbau Schwierigkeiten mache[17])[18]). Jedenfalls steht fest, daß dem Standpunkt der Fachleute, die vor dreißig Jahren ihr negatives Urteil abgegeben haben[18]) bis [21]), nichts hinzuzufügen ist.

Die durch Massenwirkung oder durch Tragflächen stabilisierte Einschienenbahn.

Es hat außer den Brennanschen und Scherlschen Versuchen nicht an weiteren Erfindungen gefehlt, eine Einschienenstandbahn mit anderen Mitteln als Kreiseln zu stabilisieren.

Als theoretisches Beispiel, das nicht für die Praxis gedacht war und nur den Grundsatz der Stabilisierung eines labilen Körpers zeigen sollte, führt Martienssen (s. Fußnote 9) die „Massenstabilisierung“ an: „Man stelle sich einen Einschienenbahnwagen vor, auf dem sich eine schwere, hin- und herschiebbare Masse befindet. Beginnt ein solcher Wagen nach einer Seite zu kippen, so brauchen wir nur die Masse genügend (schnell) nach der anderen Seite zu schieben, um das Kippen zu verhindern. Durch fortgesetztes, passendes Hin- und Herschieben erscheint es theoretisch denkbar, zu verhindern, daß der Wagen jemals nach einer Seite vollständig umfällt.“

Während Martienssen diese Massenstabilisierung nur als Beispiel anführte und auf die praktische Unbrauchbarkeit hinwies, plante Borck[22]) ernsthaft eine „An-

---

1) Brennan, Brit. Pat. 27 213 (1903).
2) Scherl, Richard, DRP. 205 820 (1907).
3) Scherl, August, DRP. 252 167 (1911).
4) Scherl, August, Ein neues Schnellbahnsystem, Verlag Scherl, Berlin 1909.

5) Brennan, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 7 (1909) S. 660.
6) Eichel, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 116.
7) Kürth, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 441.
8) Föppl, ETZ 31 (1910) S. 83.
9) Martienssen, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 593.
10) Wiesinger, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 633.
11) Bolstorff, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 137.
12) Klein-Sommerfeld, Theorie des Kreisels, Bd. 4 (Anwendungen), Berlin und Leipzig, Teubner.
13) Eichel, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 7 (1909) S. 641.
14) Siehe Fußnote 4.
15) Schimpff, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 127.
16) S. Fußnote 7, S. 441.
17) Petersen, Elektr. Bahnen 2 (1904) S. 125.
18) Cauer, Z. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 99 (1909) S. 803.
19) Schimpff, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 9 (1911) S. 166.
20) ETZ 30 (1909) S. 574.
21) ETZ 30 (1909) S. 1132.
22) Borck, DRP. 327 292 (1919).

Digitized by Google

ordnung der Stabilisierung von Einschienenbahnen und anderen Fahrzeugen im labilen Gleichgewicht, gekennzeichnet dadurch, daß seitliche Drucke durch tragflächenähnliche, verstellbare Querruder ausgeglichen werden".

Solche und ähnliche Erfindungen können natürlich noch weniger als der Kreisel die Einschienenstandbahn ins Leben rufen.

Zweischienenbahnen.

Zweischienenbahnen sind das übliche System, „die" Eisenbahn, wie sie in die allgemeine Auffassung eingegangen ist. Sie eignet sich am besten für schnellen Massenverkehr.

1. Versuche zu einer Postschnellbahn 1890.

Um 1890 wurden bereits ernsthafte Anstrengungen gemacht, Geschwindigkeiten von 200 km/h und darüber zu erreichen. So wird von einer Versuchsbahn berichtet[23]), die in den V. S. Amerika zur Paketbeförderung gebaut wurde. Die Wagen waren 8 m lang, 1,3 m breit und 1,3 m hoch und erreichten rd. 200 km/h. Über die praktischen Auswirkungen des an sich gelungenen Versuches ist wenig bekannt geworden.

2. Schnellbahnentwurf Wien – Budapest 1891.

1891 tauchte der vielbeachtete Plan einer Schnellbahn Wien – Budapest auf, die Zipernowsky als elektrische Schnellbahn bauen wollte[24]). Als wichtigste Grundlage schien ihm der starke Verkehr auf der geplanten Strecke, denn als nüchtern denkender Ingenieur wollte Zipernowsky nicht nur mit geschätzten Verkehrszunahmen rechnen. Wie etwa 20 Jahre später nach ihm Scherl, wollte schon Zipernowsky mit einzelnen Schnellbahnwagen, die in kurzen Abständen fahren, den Betrieb bewerkstelligen. Er versprach sich davon bessere Anpassung an das Verkehrsbedürfnis sowie gleichmäßigere Belastung der Bahnkraftwerke. Die Mehrausgaben an Fahrpersonal gegenüber dem Lokomotivzug hielt er für nicht ausschlaggebend.

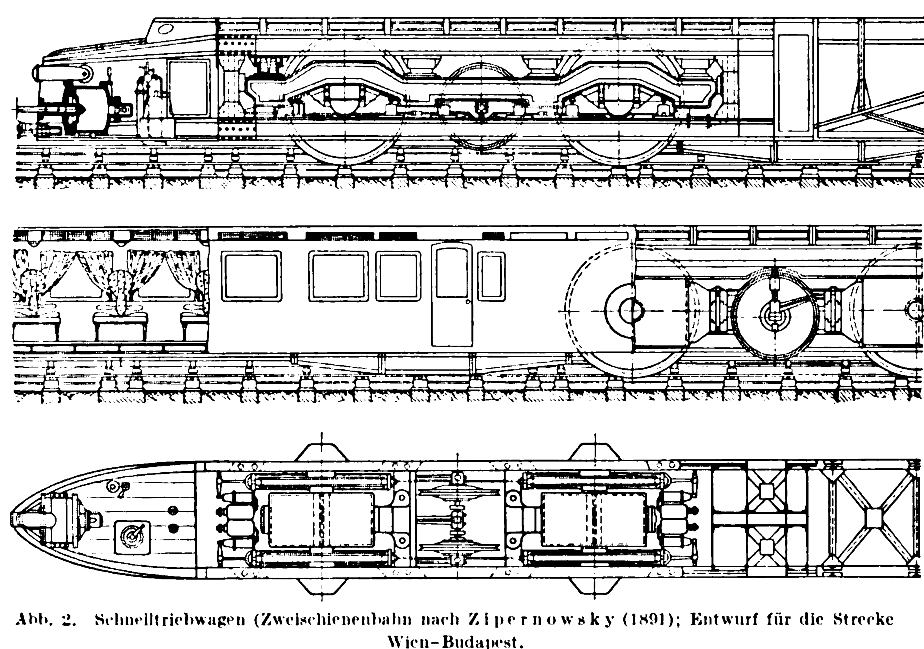


Abb. 2. Schnelltriebwagen (Zweischienenbahn nach Zipernowsky (1891); Entwurf für die Strecke Wien-Budapest.

Als mögliche Höchstgeschwindigkeit mit Rücksicht auf die Festigkeit des Werkstoffs sah er 250 km/h an, wobei er annahm, daß hierbei noch die erforderliche Antriebsleistung durch Reibung zwischen Rad und Schiene übertragen werden könne. Für die Dichte der Zugfolge machte er keine allgemeinen Angaben, jedoch hielt er 10 min bei der hohen Geschwindigkeit für den kürzesten Zeitabstand, den man aus Sicherheitsgründen zulassen kann.

Der Schnelltriebwagen sollte 40 Sitzplätze erhalten, 45 m lang sein (vgl. Abb. 2), 60 t wiegen und zwei zweiachsige Drehgestelle erhalten. Die Triebräder sind so groß wie möglich (2,3 m Dmr.) und erhalten außen einen zweiten Spurkranz, der aber normalerweise nicht zum Anlaufen kommt. Er soll Entgleisungen verhüten. Der innere Spurkranz soll 50 mm hoch sein. Der Wagen erhält vier Fahrmotoren von insgesamt rd. 600 kW; die Stromzuführung (1000 V Betriebsspannung) erfolgt durch zwei Leitungen, die zwischen den Schienen liegen. Der Strom wird mit besonderen Kontakträdern abgenommen. (Es wurde damals selbstverständlich nur an Gleichstrom gedacht.)

Interessant ist die Angabe, daß bei $V = 200$ km/h für den Leistungsbedarf mit 75 kW Laufrad- und 185 kW Luftwiderstandsleistung gerechnet wurde. Nach den heutigen Erfahrungen der Deutschen Reichsbahn ergibt sich, daß die damaligen Werte nur um einen so geringfügigen Betrag zu klein waren, daß die Geschwindigkeit von 200 km/h doch noch erreicht worden wäre. Krämer[25]) befaßte sich mit Zipernowskys Projekt in einer Studie, die wertvolle Aufschlüsse über den damaligen, schon sehr hohen Stand der Erkenntnisse über die „Berechnung der maximalen Fahrgeschwindigkeiten auf elektrischen Eisenbahnen" vermittelt.

3. Schnellbahnversuche Berlin-Marienfelde – Zossen 1901 bis 1903.

Zehn Jahre später fanden auf der Militärbahn Marienfelde – Zossen bei Berlin die bahnbrechenden Schnellbahn - Versuchsfahrten der Firmen AEG und Siemens statt, die mit finanzieller Unterstützung durch Banken und Behörden durchgeführt wurden[26]).

„Diese Versuchsfahrten haben dazu gedient, die eisenbahntechnischen Bedingungen festzustellen, die solche Geschwindigkeiten erfordern, und haben also die Grundlagen für die Einführung des elektrischen Schnellbetriebes auf Hauptbahnen geschaffen.

Man möchte — nach diesen Versuchen — überall Schnellbahnen bauen und 200 km/h fahren. In welchem Maße das neue Gebiet auch wirtschaftlich lohnend ausgebeutet werden kann, müssen erst einzelne wirkliche Betriebe lehren; denn über die Hauptsache, die zu erwartende Entwicklung und Gestaltung des Verkehrs, kann man einstweilen nur Vermutungen anstellen[26])."

Mit diesen wenigen Sätzen hat v. Borries die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Schnellbahnversuchen zusammengefaßt.

Der Versuchsbetrieb wurde mit zwei verschiedenen Triebwagen (AEG und Siemens) und einer Lokomotive (Siemens) durchgeführt.

Auf Grund eingehender Modellversuche entstand eine Wagenform, die weitgehend der heutigen Stromlinienform ähnelt. Der 22 m lange Wagen ruht auf zwei dreiachsigen Drehgestellen von zunächst 3,8 m Gesamtradstand, der später auf 5 m verlängert wurde. Die mittlere Achse ist eine Laufachse, die beiden äußeren werden an-

[23]) Schräder, ETZ 11 (1890) S. 169.
[24]) Zipernowsky, ETZ 12 (1891) S. 516.
[25]) Krämer, ETZ 13 (1892) S. 581.
[26]) v. Borries, Elektr. Bahnen 2 (1904) S. 237.

Digitized by Google

getrieben. In der dreipoligen Fahrleitung wurde Drehstrom von 10 bis 13 kV bei 45 bis 50 Hz zugeführt und in einem unter dem Wagen angeordneten Transformator auf etwa 1800 V abgespannt. Die vier Fahrmotoren hatten eine Dauerleistung von zusammen 740 kW, eine Anfahrleistung von 2200 kW. Die Motoren saßen unmittelbar auf der Achse, der Läufer wurde in Stern-Dreieck-Schaltung gespeist, der Ständer wurde über luftgekühlte Anfahrwiderstände aus Metallband kurzgeschlossen[27])[28]).

Der Schnellbahnwagen der AEG[29]) hatte im wesentlichen die gleiche Anordnung und wich nur in der Ausführungsform ab.

Die beiden Versuchswagen erreichten wiederholt 210 km/h. Die Versuche dauerten im ganzen von 1901 bis 1903 und wurden nach und nach von 140 bis 160 km/h auf 210 km/h ausgedehnt, und damit Schritt für Schritt das Neuland des Schnellverkehrs erobert. Der elektrische Teil der Fahrzeuge hatte nach einigen Verbesserungen voll entsprochen. Auch das Gleis mußte verstärkt werden, weil sich der Oberbau von 33,4 kg je Schienenmeter bei dem vorhandenen Achsdruck von 16 t für Geschwindigkeiten von 200 km/h als zu leicht erwies.

Abb. 3. Versuchslokomotive (Drehstrom) für die Schnellbahnstrecke Berlin-Marienfelde–Zossen.

Als Sicherheitsmaßnahme gegen Entgleisungen wurden Leitschienen angebracht. Man kam jedoch durch die Versuche zur Überzeugung, daß die Leitschienen bei ruhiglaufenden und zweckmäßig gebauten Fahrzeugen nicht nötig seien.

Gleichzeitig mit den Triebwagen wurde auch eine Lokomotive von Siemens erprobt, deren Drehstrommotoren unmittelbar für die Fahrdrahtspannung von 10 000 V gewickelt wurden, so daß man den Transformator ersparen konnte; Abb. 3 zeigt den Aufbau der Lokomotive, die für 150 km/h vorgesehen war.

Das Ergebnis der Schnellbahnversuche faßte 1904 Lochner[30]) dahingehend zusammen, daß „durch die Versuche der Nachweis erbracht ist, daß die gebräuchlichen Oberbauformen für Fahrgeschwindigkeiten bis 200 km/h noch völlig ausreichen — man hatte zuletzt 41 kg-Schienen in Verbindung mit Leitschienen —, und daß für die Sicherheit der Fahrt weder die Anlage einer Einschienenbahn oder einer Schwebebahn, noch die Herstellung eines festen, gemauerten Unterbaues notwendig ist. — Die Schnellbahn muß allerdings (aus betriebstechnischen Gründen) eine eigene Fahrbahn haben. — Die Schnellzugwagen (normaler Bauart) werden bei Vergrößerung des Radstandes (auf 4,5 bis 5 m) auch für Fahrgeschwindigkeiten bis 200 km/h verwendbar sein."

4. Schnellfahrten mit Dampflokomotiven (Übersicht von 1893 bis zur Gegenwart).

Es ist interessant, festzustellen, daß schon vor den Berliner Schnellbahnversuchen 1901 bis 1903 mit Dampflokomotiven versuchsweise und im normalen Betrieb höchste Fahrgeschwindigkeiten erreicht worden sind[31]).

1893 legte anläßlich der Chikagoer Weltausstellung der „Exposition Flyer" eine Strecke von 8 km in 2 min 54 s zurück, was einem Durchschnitt von 165 km/h entspricht. Auf dieser Fahrt wurde auf einer Länge von einer Meile mit 181 km/h gefahren.

Ferner wird der „Atlantic Flyer" der Philadelphia-Reading-Bahn erwähnt, der seit 1896 auf der Strecke Camden – Atlantic City 89,4 km fahrplanmäßig in 50 min fuhr, also einen Durchschnitt von 107 km/h erreichte. Die Anhängelast bestand regelmäßig aus 5 bis 7 Luxuswagen. Es wurden sogar Durchschnittsgeschwindigkeit von 118,5 km/h erreicht, wobei kurzzeitig ebenfalls 180 km/h gefahren wurden.

Am 1. 3. 1901 wurde von einem Zuge der Charleston Savannah Western auf einer Länge von 8 km eine Geschwindigkeit von 192 km/h erreicht.

Auch in Europa wurden zahlreiche Schnellfahrversuche vorgenommen, von denen hier nur einige genannt werden können.

Mit Lokomotiven und Wagen, beide von normaler Bauart, wurden z. B. 1904 auf der Strecke Offenburg –Freiburg durchschnittliche Geschwindigkeiten von 120 bis 140 km/h gefahren und maximal 144 km/h erreicht[32]). Später, 1907, wurde auf der Strecke München–Augsburg eine Spitzengeschwindigkeit von 154,5 km/h geschafft[33]).

Im Anschluß an die Versuche der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen wurden auch Versuche mit einer 2′ B 2′-Dampflokomotive durchgeführt, die von Wittfeld entworfen und von Henschel gebaut wurde. Die Lokomotive sollte bei 1720 PS eine Anhängelast von 300 t auf ebener Strecke mit 120 km/h ziehen. Auf einer der Probefahrten hat sie z. B. 170 t bei 123 km/h befördert, ohne daß die Lokomotive ausgelastet gewesen wäre. Mit 109 t Anhängelast kam die Lokomotive auf 136 km/h.

Nach dem Kriege wurden Versuche mit teilweiser Verkleidung der Dampflokomotiven gemacht, die schließlich zur vollkommen verkleideten Stromlinienlokomotive führten. Im Laufe der dreißigjährigen Entwicklung wurde die Kesselleistung derart gesteigert, daß bei einer Meßfahrt bei 170 km/h 3430 PS_i abgegeben wurden[34]), also ein doppelt so hoher Wert wie bei der ersten „Stromlinien"-Dampflokomotive von Wittfeld. Die erreichte Höchstgeschwindigkeit betrug zunächst 195,6 km/h, später wurden sogar über 200 km/h erreicht, wie aus dem Bericht der „Reichsbahn"[35]) hervorgeht.

Im Ausland, besonders in den V. S. Amerika, England und Frankreich sind ähnliche Lokomotiven gebaut worden.

27) Reichel, ETZ 22 (1901) S. 671, 745, 776, 841.
28) ***, ETZ 22 (1901) S. 970.
29) Lasche, ETZ 22 (1901) S. 803.
30) Lochner, ETZ 25 (1904) S. 1079.

31) Richter, Z VDI 46 (1902) S. 67.
32) Z. VDI 48 (1904) S. 1087.
33) Z. VDI 51 (1907) S. 1162.
34) Nordmann, Z VDI 79 (1935) S. 1228.
35) Reichsbahn 16 (1936) S. 419.

Digitized by Google

5. Schnellfahrten von Schnelltriebwagen mit dieselelektrischer Energieübertragung sowie mit Oberleitungsbetrieb.

Im Anfang der Entwicklung des Schnellverkehrs wurde bereits die Frage aufgeworfen, ob eine rasche Folge von einzelnen Triebwageneinheiten oder eine weniger große Zahl von Lokomotivzügen zur Bewältigung der gleichen Anzahl von Reisenden vorzuziehen ist. Diese Frage ist nicht allgemein zu entscheiden. Denn zwischen einem einzigen Triebwagen und einem Lokomotivzug ist der Übergang nicht schroff, sondern durch die Zusammenfassung mehrerer Triebwagen zu einer Einheit kaum merklich.

Während die Versuchstriebwagen der Schnellbahnversuche wegen der großen eingebauten Leistung mehr als Lokomotiven anzusehen waren, haben die neueren Triebwagen nicht mehr derartig große Leistungen je Wagen.

Der „Fliegende Hamburger", der von der Deutschen Reichsbahn als erster Schnelltriebwagen in Dienst gestellt wurde, leitete die Epoche des Schnellfahrens ein. Durch den Wettbewerb des Kraftwagens angeregt, mußte sowohl die Fahrgelegenheit vermehrt als die Fahrgeschwindigkeit vergrößert werden. Die Entwicklung von Dieselmotoren und der zugehörigen elektrischen Ausrüstung war so weit fortgeschritten, daß man an den Bau von Schnelltriebwagen mit eigener Energiequelle herangehen konnte[36] [37]). Der Wagen besitzt zwei Dieselmotoren von je 410 PS, die über je einen Generator auf je einem Fahrmotor von 250 kW arbeiten. Die betriebsmäßige Höchstgeschwindigkeit beträgt 160 km/h.

Auf Grund der guten Ergebnisse[38]), die mit dem „Fliegenden Hamburger" gemacht wurden, entwickelte die Deutsche Reichsbahn weitere zwei-, drei- und vierteilige dieselelektrische Schnelltriebwagen, die bei Versuchsfahrten über 200 km/h erreichten. Der Erfolg ist um so höher zu bewerten, als es sich nicht um eigens dazu gebaute Fahrzeuge oder Versuchsstrecken handelt. Der Lauf der Triebwagen war besonders ruhig und stoßfrei. Alle Teilnehmer hatten das Gefühl der unbedingten Sicherheit.

[36]) Fuchs u. Breuer, Der Schnelltriebwagen der Deutschen Reichsbahn, Z VDI 77 (1933) S. 57.
[37]) Wechmann, Der dieselelektrische Triebwagen, seine Berechtigung. Elektr. Bahnen 10 (1934) S. 237.
[38]) Reichsbahn 16 (1936) S. 189.

Auf elektrisch betriebenen Strecken wurden ebenfalls in neuerer Zeit Gleich- und Wechselstrom-Schnelltriebwagen eingesetzt. Diese kamen bei den Abnahmefahrten ebenfalls an die 200 km-Grenze heran.

In allen Ländern liegt heute der sogenannte Schnellverkehr bei Höchstgeschwindigkeiten von 150 bis 170 km/h. Es ist möglich, diese Geschwindigkeiten noch auf dem normalen Oberbau — der allerdings in gutem Zustand sein muß — durchzuführen. Bisher sind noch keine Schnellbahnen mit eigenem Bahnkörper gebaut worden, da sich heute noch der Spitzenschnellverkehr auf den gleichen Strecken abwickeln läßt, auf denen sich der gesamte Güter-, Personen- und D-Zug-Verkehr abspielt.

6. Der Schnellbahnentwurf von Wiens[39]).

Auf Grund eingehender Studien kommt Wiens (1937) zu der Überzeugung, daß zur Bewältigung des Schnellverkehrs der Zukunft ein besonderes Schnellbahnnetz durch Deutschland gelegt werden müßte. Er schlug vor, eine viergleisige Schnellbahn zu bauen, die von Berlin aus strahlenförmig nach Hamburg, nach Königsberg, nach Breslau (gegebenenfalls Verlängerung bis Wien wie bei der Reichsautobahn), nach dem Rhein- und Ruhrgebiet und nach Süddeutschland gehen soll. Das gesamte Schnellbahnnetz würde etwa 2500 km Streckenlänge umfassen. Da nur in Großstädten Züge des normalen Verkehrs auf die Schnellbahn übergeführt werden sollen, wird die eigentliche Schnellbahn verhältnismäßig billig, da nicht alle 5 km kostspielige Bahnhofsanlagen erforderlich sind, wie dies im Durchschnitt dem übrigen Reichsbahnnetz entspricht. Der Plan sieht selbsttätige Streckenblockung vor, wie das bei allen Schnellbahnentwürfen üblich ist. Die Triebfahrzeuge (insbesondere elektrische Lokomotiven und Triebwagen) lassen sich heute ohne weiteres für die vorgesehene Geschwindigkeit von 200 km/h bauen, desgl. die Wagen. Da man auf neu zu erbauenden Schnellbahnstrecken längere Bremswege als 700 oder 1000 m zulassen kann, läßt sich auch das Bremsproblem beherrschen.

Das Schnellbahnprojekt von Wiens ist also technisch in jeder Weise durchführbar. Auch die wirtschaftlichen Belange dürften ausreichend erfüllt werden können.

(Schluß folgt.)

[39]) Nach einem Vortrag von Wiens im WVV zu Berlin, 1938.

Die Berücksichtigung der Korrosionseinflüsse beim Bau elektrischer Leuchten.

Von **W. Pancritius** und **W. A. Seelig**, Berlin.

DK 620.191 : 621.329

Übersicht. Die verschiedenen Grade der Korrosionsgefährdung bedingen für die einzelnen Anwendungsgebiete besondere Maßnahmen beim Leuchtenaufbau. Diese Maßnahmen werden dargestellt.

Mit Ausnahme einiger auf Geschmackswirkung berechneter kunstgewerblicherLeuchten, die für Wohn-, Aufenthalts- und Repräsentationsräume bestimmt sind, hat der Aufbau elektrischer Leuchten weitgehende Rücksicht darauf zu nehmen, die Einflüsse der Korrosion aufzuheben. Bei „geschmacklichen Leuchten" sind die Einflüsse der Korrosion dadurch vermindert, daß sie zerstörenden Witterungseinflüssen nicht ausgesetzt werden und traditionell aus Bronze, Kupfer, Holz oder farbig behandeltem Eisen bestehen. Hinzu kommt, daß solche Leuchten wegen ihres kunstgewerblichen Wertes im allgemeinen eine ziemlich sorgfältige Wartung erfahren.

Anders liegen allerdings die Verhältnisse für rein zweckmäßig bestimmte Leuchten, auch wenn sie für trockene Innenräume verwendet werden. Zur Innenbeleuchtung dieser Klasse gehört das Gebiet der Büro- und Verkaufsraumbeleuchtung, weil diese gegenüber anderen Räumen — wie etwa Werkstätten usw. — die günstigsten Verhältnisse aufweisen. Die Rücksichtnahme auf die Korrosion kann sich bei solchen Innenräumen im allgemeinen darauf beschränken, daß man den Aufbau aus rostfreien Werkstoffen vornimmt, die an sich möglichst hohen Widerstand gegen Veränderungen in trockener Umgebung besitzen.

Wegen des besseren Aussehens hat man schon seit langem davon abgesehen, solche Innenraumleuchten aus Eisen herzustellen und verwendete früher in erster Linie Messing, das in verschiedenen Farben behandelt wurde. Zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und zur Verbesserung des Aussehens pflegte man diese Messingteile mit galvanischen Nickelüberzügen zu versehen, die entweder matt gefärbt oder poliert wurden. Auch die Verwendung des Messings in seiner eigenen Farbe war ohne weiteres mög-

Digitized by Google

lich, wenn man als zusätzlichen Schutz einen farblosen, lufttrocknenden Lack verwendete. Die Anwendung solcher Lacke bleibt allerdings in gewisser Hinsicht problematisch, weil sie verhältnismäßig leicht beschädigt werden können. Hierbei ist an Austrocknen, Abplatzen oder Entfernen durch unzweckmäßige Reinigungsversuche zu denken. Trotzdem war die Farbbeständigkeit solcher Legierungen durchaus zufriedenstellend, so daß man im allgemeinen Leuchtenbau dieser Frage keine besondere Beachtung zu schenken pflegte.

Die Frage der Korrosionsfestigkeit auf diesem Gebiet mit Aufmerksamkeit zu behandeln wurde notwendig, als der Wunsch entstand, diese Stoffe gegen deutsche Werkstoffe auszutauschen. Die infolgedessen für den Aufbau von Innenleuchten herangezogenen Leichtmetallegierungen ließen ähnliche Verarbeitungsverfahren zu wie bei der Herstellung aus Messing. Die an sich naheliegende Verwendung von Eisen, das man nach dem heutigen Stand der Entwicklung zuverlässig rostschützen kann, fiel aus, da es sich hier ebenfalls um einen Sparstoff gehandelt hätte. Wie in dieser Zeitschrift in anderem Zusammenhang berichtet wurde[1]), sind die Erfahrungen mit Innenleuchten aus geeigneten Leichtmetallegierungen ausgezeichnet und auch schädigende Korrosionseinflüsse völlig ausgeschaltet. Soweit größere Teile im Interesse der Formbeständigkeit (beispielsweise Schirme von Großflächenleuchten) aus Eisen hergestellt werden mußten, hat man dies durch Grundemaille und aufgespritzten Farbüberzug geschützt oder aber sich auf den Farbüberzug allein beschränkt.

Schwieriger lagen die Verhältnisse bei der Beleuchtung von Werkräumen aller Art, für die man die Aufbaugrundsätze der anderen Innenbeleuchtungsgebiete nicht ohne weiteres übernehmen konnte. Es ist in allen Werkräumen mit größerer Staubigkeit als auf sonstigen Innenbeleuchtungsgebieten zu rechnen, und häufig wird auch die Einwirkung der betriebsmäßig entstehenden Feuchtigkeit mit in Rechnung zu stellen sein. Die einfacher zu behandelnde Klasse solcher Werkräume, in denen also keine Säureeinwirkungen vorhanden sind, beansprucht in erster Linie gute Widerstandskraft gegen Feuchtigkeit und die Möglichkeit gründlicher Reinigung. Der normalerweise auftretende Staub in derartigen Werkräumen besitzt zwar in der Mehrzahl der Fälle bemerkenswerte korrodierende Eigenschaften nicht, kann aber unter dem Einfluß der Leuchtenwärme auf der Leuchtenoberfläche so sehr verhärten, daß die Mittel, die zu seiner Entfernung angewendet werden, von sich aus ungünstige Einflüsse auf die Leuchtenoberfläche ausüben. Insbesondere werden diese Erscheinungen da auftreten, wo fetthaltiger Staub die Anwendung scharfer Reinigungsmittel erforderlich macht. Die einfachste Bauform solcher Leuchten sah daher Stahlblech vor, das durch entsprechenden Farbanstrich geschützt werden sollte. Die Widerstandsfähigkeit gegen die betriebsmäßigen Einflüsse, besonders aber auch gegen die Reinigungsverfahren und Mittel, waren nur klein. Die Reinigung selbst mußte um so häufiger erfolgen, je schneller die Verschmutzung durch die Poren der Farboberfläche auftrat. Erst die Umstellung auf Emaillierung der Stahlblechteile ergab zufriedenstellende Verhältnisse. Die bei guter Emaillierung praktisch porenfreie Oberfläche erhöht nicht nur den beleuchtungstechnischen Wirkungsgrad durch die Steigerung des Reflektionsvermögens, sondern macht die Leuchten auch gegen Korrosionseinflüsse im Betrieb und bei der Reinigung fast unempfindlich.

Angestellte Versuche, die Emaillierung gegen galvanische Überzüge auszutauschen, haben sich aus den erwähnten lichttechnischen Gründen als unzweckmäßig erwiesen. Der Wunsch, auch für diese Art von Leuchten Stahlblech einzusparen und neue deutsche Werkstoffe zur Anwendung zu bringen, stellte die Frage der Korrosionsfestigkeit erneut in den Vordergrund. Es hätte nahe gelegen, auch hier wieder Leichtmetall zu benutzen und das Eloxalverfahren als einwandfreien Korrosionsschutz anzuwenden. Man hätte mit dieser Lösung gleichzeitig sehr befriedigende beleuchtungstechnische Eigenschaften erreicht, wenn nicht die Kostenfrage der allgemeinen Verwendung von elektrisch oxydiertem Aluminium zunächst noch ein schwer überwindliches Hindernis entgegensetzen würde. Es ist deshalb in Deutschland bisher zur Anwendung von Eloxalblechen zur Herstellung von Werkraumleuchten kaum gekommen. Berichte über amerikanische Erfahrungen mit diesem Werkstoff lassen erkennen, daß er dort seit längerer Zeit mit gutem Erfolg angewendet wird. Es steht also zu hoffen, daß man auch in Deutschland in absehbarer Zeit die Möglichkeit finden wird, diesen Werkstoff in großem Umfange und einer den deutschen Ansprüchen entsprechenden Güte anzuwenden. Es sei hier der Vollständigkeit halber erwähnt, daß eine günstige Lösung der Aufgabe, korrosionsbeständige Leuchten aus deutschen Werkstoffen für die Anwendung in normalen Werkräumen zu schaffen, durch den Austausch des Stahlbleches gegen Spezialgläser gefunden werden konnte. In Verbindung mit Einbauteilen aus Preßstoff wurde die für normale Bedingungen ausreichende Korrosionsbeständigkeit mit völliger elektrischer Isolation verbunden. Für diese Ausführung gilt ebenso wie für gelegentlich hergestellte Leuchten aus Leichtmetallblechen mit Schutzlacküberzug die Voraussetzung, daß allzu hohe Luftfeuchtigkeitsgrade nicht auftreten.

Die schwieriger zu behandelnde Frage der Schaffung korrosionsbeständiger Leuchten für Räume mit säurehaltiger Luft versuchte man früher dadurch zu lösen, daß man sich auf die Verwendung von Porzellan als Leuchtenbaustoff beschränkte. Zwangsläufig blieben die Leuchteneinheiten hierdurch verhältnismäßig klein. Neuere Erfahrungen haben aber gezeigt, daß eine sorgfältig ausgeführte mehrfache Emaillierung von Stahlblech- und Graugußteilen auch säurehaltiger Luft mit befriedigender Lebensdauer widersteht. Da es aus fabrikatorischen Gründen nicht grundsätzlich möglich ist, alle Teile zu emaillieren, weil Bohrungen, Gelenke, Scharniere usw. die Emaillierung gefährden würden, kam man zu mehrfachen Spezial-Schutzanstrichen auf dem Rohteil, wodurch sowohl Grauguß als auch Leichtmetallguß (Silumin) zufriedenstellend geschützt werden können, wenn auch die Fabrikationskosten hierdurch nicht unwesentlich erhöht werden.

Für die Außenbeleuchtung, ebenso für die Beleuchtung von Räumen, die betriebsmäßig hohe Feuchtigkeitsgrade aufweisen, ist nach wie vor Eisen der meist verwendete Baustoff. Die Anwendung von Leichtmetallguß für diese Zwecke hat sich erst in letzter Zeit einführen können, nachdem die Auswahl der zur Verfügung stehenden Legierungen vergrößert wurde. Die Anwendung von Eisen erforderte natürlich einen gründlichen Korrosionsschutz. Man verwendete zur Vergrößerung der Lebensdauer bevorzugt Grauguß, der neben einem rostschützenden Grundanstrich, z. B. Mennige, farbige oder schwarze Farbüberzüge erhielt. Auch bei sorgfältiger Behandlung, beispielsweise Einbrennen der Farbüberzüge mit etwa 130 °C, wird aber eine sorgfältige Wartung der Leuchten wegen ihres Aufbaues aus Grauguß und des damit verbundenen hohen Gewichtes erforderlich. Unter allen Umständen muß durch diese Wartung vermieden werden, daß durch Korrosion eine Zerstörung eintritt, die ein Herunterfallen von Leuchten oder auch Leuchtenteilen zur Folge haben könnte. Das Ersetzen dieser Farbanstriche durch hochwerte Emaillierung ergab demgegenüber erhöhte Lebensdauer und damit geringere Wartung der aus Stahlblech oder Grauguß bestehenden Teile.

Die Korrosionsbeständigkeit von Siluminguß reicht auch für normale Außenverhältnisse völlig aus. Allerdings ist eine Nachbehandlung dort erforderlich, wo der Werkstoff dem Seewasser auch in Form von Luftfeuchtigkeit in Küstengebieten ausgesetzt wird. Durch

[1]) ETZ 60 (1939) H. 9, S. 255.

Digitized by Google

Sonderschutzanstrich kann man, allerdings nur mit wesentlicher Erhöhung der Fabrikationskosten, die erforderliche Korrosionsbeständigkeit erzielen. Ohne besondere Nachbehandlung ist dagegen Hydronaliumguß korrosionsbeständig, wobei Festigkeit und Gewicht praktisch bei beiden Legierungen gleich sind. Der Versuch, diese Leichtmetall-Legierungen gegen Elektron auszutauschen, führte zu konstruktiven Schwierigkeiten deshalb, weil Elektron aus chemischen Gründen von Eisen, Holz und verschiedenen anderen Stoffen isoliert werden muß. Andere Leichtmetalle haben bisher hauptsächlich in Form von Spritzguß- und Preßteilen für Leuchteneinbauten Verwendung gefunden.

Für die Einbauteile sind in den VDE-Vorschriften bereits die entsprechenden Korrosionsschutzforderungen erhoben. Für Außenleuchten besteht die Vorschrift der Verwendung von Porzellanfassungen mit Messingkontakten, während für Innenleuchten Isolierstoff-Fassungen oder solche aus vermessingtem oder kadmiertem Eisen angewendet werden. Leitungen, die nach den Vorschriften des VDE aufgebaut sind, erfordern, soweit sie für die Verwendung in Leuchten in Frage kommen, keinen zusätzlichen Korrosionsschutz. Die Befestigungsteile im Inneren der Leuchten bestanden bisher häufig aus Messing, das man vernickelte, später kadmierte. Da auch Kadmium als Sparstoff ausgetauscht werden sollte, geht man neuerdings dazu über, diese Teile blank zu verzinken. Für Teile aus Aluminium ist eine besondere Schutzbehandlung nicht erforderlich, so daß man Schrauben, Schellen, Befestigungsteile, Verstellvorrichtungen aus diesem Baustoff herstellt.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß als Korrosionsschutz für Eisen — insbesondere für Gußteile — das im Schiffbau bereits eingeführte Atramentverfahren neuerdings auch im Leuchtenbau angewendet wird.

Die dieser Übersicht beigefügte Tafel soll in Stichworten einen schnellen Überblick über den Korrosionsschutz verschiedener Baustoffe je nach dem Anwendungsgebiet darstellen.

Korrosionsschutz verschiedener Baustoffe.

Anwendungsgebiete	Baustoffe	Korrosionsschutzbehandlung	Überzüge
Innenbeleuchtung: Büros, Treppen und Flure, Läden, Aufenthaltsräume.	Leichtmetall	nicht erforderlich	farbiger oder farbloser Luftlack
	Stahlblech	Grundierfarbe	Farbe gespritzt
	Stahlblech	Grundemaille	Farbe gespritzt
	Glas	keine	keine
Werkraumbeleuchtung: normale Verhältnisse, keine Säureeinflüsse, mäßige Feuchtigkeit	Leichtmetall	nicht erforderlich	farbiger oder farbloser Luftlack
	Stahlblech	Glanzemaille	keine
	Preßstoff	nicht erforderlich	keine*)
	Glas	keine	keine oder Farbe gespritzt, eingebrannt
Werkraumbeleuchtung: nasse Räume, Säureeinflüsse	Stahlblech	Glanzemaille	keine
	Grauguß	Glanzemaille	keine
	Grauguß	Grundierfarbe in Sonderzusammensetzung	Farbe gespritzt, eingebrannt
	Leichtmetall (Silumin-) Guß	Grundierfarbe in Sonderzusammensetzung	Farbe gespritzt, eingebrannt
Außenbeleuchtung:	Stahlblech	Glanzemaille	keine
	Grauguß	Glanzemaille	keine
	Grauguß	Grundierfarbe	Farbe gespritzt, eingebrannt
	Leichtmetall (Silumin-) Guß	Grundierfarbe	Farbe gespritzt, eingebrannt

*) Farbgebung durch Zusammensetzung der Preßmasse bestimmbar.

Zusammenfassung.

Die Korrosionseinflüsse in Innen- und gewöhnlichen Werkräumen können mit einfachsten Mitteln ausgeglichen werden. Oberflächenbehandlung und Farbüberzüge können hierbei durch die Zusammensetzung der Baustoffe eine Unterstützung erfahren. Die Tafel gibt nach Anwendungsgebieten geordnet eine Stichwort-Übersicht.

Leitsätze für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen.

VDE-Ausschuß für Isolierstoffe.

DK 621.315.6(083.133)

VDE 0303.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 10. November 1939.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Leitsätze treten am ...... in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Leitsätze gelten für elektrische Prüfungen von allen festen, zum Teil auch von flüssigen Isolierstoffen und, soweit durchführbar, auch von Isolierteilen in Geräten, in Verbindung

[1]) Genehmigt durch ....
Vorher hat eine andere Fassung bestanden ....
Weitere ausführliche Angaben über die in diesen Leitsätzen enthaltenen Prüfungen siehe Nitsche und Pfestorf „Prüfung und Bewertung elektrischer Isolierstoffe", Verlag Julius Springer, Berlin (erscheint demnächst).

Digitized by Google

mit den für die einzelnen Stoffe bzw. Isolierteile gültigen Vorschriften.

Die Leitsätze gelten in dem Sinne, daß Prüfungen von Isolierstoffen in der hier festgelegten Weise vorgenommen werden sollen. Sie gelten nicht in dem Sinne, daß ein Isolierstoff nach allen hier angegebenen Verfahren geprüft werden muß.

II. Prüfungen.

A. Prüfbedingungen und Prüfkörper.

§ 3.

Prüfbedingungen.

Die Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Isolierstoffen ist vorzunehmen:

1. bei Raumtemperatur (20±5°) und der im Prüfraum herrschenden relativen Luftfeuchtigkeit, die anzugeben ist, nach bestimmter Vorbehandlung des Prüfkörpers (siehe §§ 5 bis 11); verschiedene Vorbehandlungen können kombiniert werden;
2. bei Bedingungen, die von den unter 1. angegebenen abweichen, z. B. bei erhöhter Temperatur oder erhöhter Feuchtigkeit, nach bestimmter Vorbehandlung des Prüfkörpers (siehe §§ 5 bis 11); verschiedene Vorbehandlungen können kombiniert werden.

Messungen ohne Vorbehandlung des Prüfkörpers im Zustand der Anlieferung sind nur als Anhalt zu betrachten und nicht zur Bewertung des Isolierstoffes geeignet.

§ 4.

Prüfkörper.

a) Bezüglich der für die Prüfungen nach den §§ 16 bis 27 erforderlichen Prüfkörper siehe die in Frage kommenden VDE-Leitsätze für die einzelnen Stoffgruppen (z. B. für Hartpapier und Hartgewebe, Hartgummi, keramische Isolierstoffe usw.).

b) Die gegebenenfalls notwendige Herrichtung der Prüfkörper, z. B. das Schneiden oder Fräsen von Platten oder das Einschleifen von Prüfelektroden soll nur mit Werkzeugen ausgeführt werden, durch die die Struktur des Prüflings geschont wird. Die dabei entstehenden Oberflächen sollen glatt sein.

B. Vorbehandlung.

§ 5.

Mechanische Vorbehandlung.

Eine mechanische Vorbehandlung kann erfolgen durch Druck, Zug, Biegung, Verdrehung, Kniffen und Falzen.

§ 6.

Vorbehandlung durch Einwirkung von Wärme.

Die Temperaturstufen für die Vorbehandlung durch Einwirkung von Wärme sind für die einzelnen Stoffe verschieden. Folgende Temperaturstufen werden empfohlen:

—60°, —40°, —15°, 0°, 50°, 70°, 90°, 105°, 130°, 180°, 215°.

Die Vorbehandlung ist in Thermostaten mit selbsttätiger Temperaturregelung vorzunehmen, die eine Temperaturkonstanz von ±2° gewährleisten.

§ 7.

Vorbehandlung durch Einwirkung von Feuchtigkeit.

a) Für die Vorbehandlung durch Einwirkung von Feuchtigkeit kommen folgende Verfahren in Frage:

1. Lagerung in Räumen mit 65%, 80% und 90% relativer Luftfeuchtigkeit bei Raumtemperatur;
2. Einwirkung von Feuchtigkeit bei höherer Temperatur;
3. Lagerung in Wasser von Raumtemperatur.

b) Für die Einzelheiten zur Herstellung von bestimmter relativer Luftfeuchtigkeit wird auf VDE 0308 „Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe" verwiesen.

§ 8.

Vorbehandlung durch Einwirkung von Chemikalien.

Für die Vorbehandlung durch Einwirkung von Chemikalien kommen hauptsächlich in Frage:

a) Säuren

Säuren	Säuregehalt Gewicht-%	Spez. Gewicht bei 20°
Schwefelsäure	25	1,178
schwefelige Säure	—	1,024
Salpetersäure	40	1,285
Salzsäure	20,4	1,10
Essigsäure	30	1,041

b) Alkalien

Alkalien	Alkaliengehalt Gew.-%	Spez. Gewicht bei 20°
gesättigte wässerige Ammoniaklösung	—	0,88
Natronlauge	5	1,054

c) Salzlösungen

Salze	Salzgehalt Gewicht-%	Spez. Gewicht bei 20°
Kochsalz	10	1,071
Soda (Na_2CO_3)	5	1,044
Nekal	0,5	—

d) andere Stoffe:

1. Öl nach VDE 0370/1936 „Vorschriften für Schalter- und Transformatorenöle" und andere mineralische und pflanzliche Öle,
2. Benzine, Benzole, Alkohole und deren Gemische (Treibstoffgemische, vgl. DIN Vornorm 6511 Nr. 316 bis 318),
3. Lacke, Wachse, Paraffine u. a.

§ 9.

Sonstige Vorbehandlungen.

Außer den in §§ 5 bis 8 erwähnten Vorbehandlungen kommen beispielsweise folgende in Frage:

Einwirkung bewegter Luft,
Verminderung oder Erhöhung des Luftdruckes, u. dgl.

§ 10.

Dauer der Vorbehandlung.

Abstufungen der Dauer der Vorbehandlung sind:

a) 2 Stunden,
b) 4 Stunden,
c) 8 Stunden,
d) 1 Tag,
e) 4 Tage,
f) 7 Tage,
g) das Vielfache von 7 Tagen.

§ 11.

Beispiele für Vorbehandlungen.

Es sind u. a. folgende Vorbehandlungen üblich:

a) Abschleifen der Oberfläche mit Schmirgelpapier, Korngröße 4, anschließend 24-stündiges Liegen in Wasser von Raumtemperatur, oberflächliche Abtrocknung und zweistündige Lagerung in einem Raum mit 65% relativer Luftfeuchtigkeit.

b) Dreiwöchige Einwirkung von 25%-iger Schwefelsäure. Nach dem Herausnehmen aus der Schwefelsäure ist der Prüfling etwa 1 min in fließendem Wasser abzuspulen und anschließend senkrecht 2 h in einem Raum von 65% relativer Luftfeuchtigkeit zu lagern.

c) Dreiwöchige Einwirkung von Ammoniakdämpfen. Der Prüfling ist in einem Glasgefäß aufzuhängen, auf dessen Boden sich eine gesättigte, wässerige Ammoniaklösung befindet. Das Gefäß ist mit einer Glasplatte abzudecken. In Abständen von drei Tagen ist Ammoniak nachzufüllen, um die Verluste an Ammoniakdämpfen zu ersetzen. Nach dem Herausnehmen aus dem Gefäß ist der Prüfling mit einem trockenen Tuch abzureiben.

C. Elektrodenarten.

§ 12.

Aufsetzbare, massive Elektroden.

a) Platte/Platte.

Zu verwenden ist eine ebene, runde Metallplatte von 25 oder 50 mm Durchmesser und eine zweite gleichgroße oder größere Platte. Die Kanten sind mit einem Halbmesser von 2,5 mm zu runden, der Anpressungsdruck soll etwa 100 g/cm² betragen. Die obere Elektrode kann als Gewicht ausgebildet werden.

Für Durchschlagsmessungen sind die Platten zweckmäßig durch Aufdrücken von Blattmetall zu polstern, das nach jedem Durchschlag zu erneuern ist.

b) Kugel/Kugel.

Zu verwenden sind Kugeln mit einem Durchmesser von 5, 10, 20 oder 50 mm. Kugeln mit 5 und 10 mm Durchmesser kommen insbesondere in Frage für Durchschlagsmessungen bei

Digitized by Google

Körpern kleiner Ausdehnungen, Kugeln mit 20 mm Durchmesser als Elektroden für harte Platten, Kugeln mit 50 mm Durchmesser als Elektroden für weiche Platten. Der Anpressungsdruck einschließlich Eigengewicht der Kugeln soll etwa 100 g bei Kugeln von 5 und 10 mm Durchmesser und etwa 200 g bei Kugeln von 20 und 50 mm Durchmesser betragen.

Für die Prüfung sind zwei gleiche Kugeln zu verwenden.

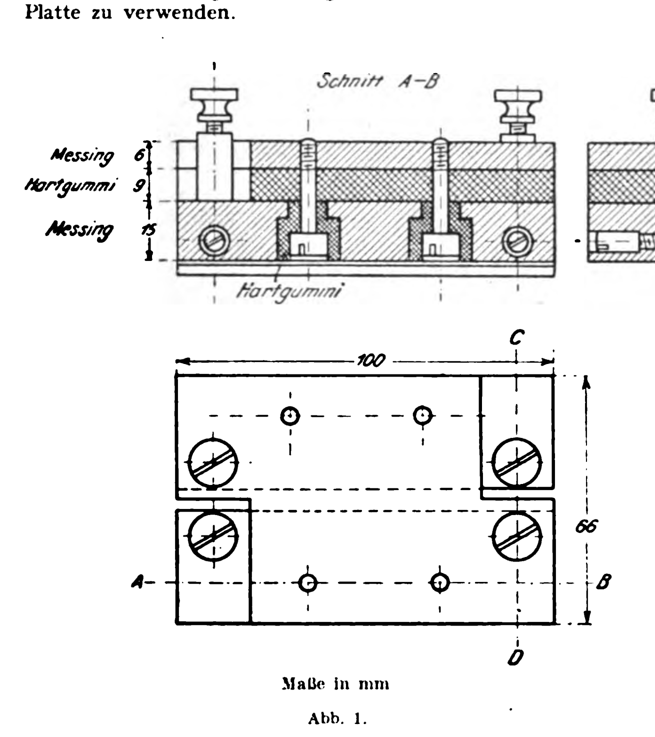
c) Kugel/Platte.

Bei der Elektrodenanordnung Kugel/Platte soll die Kugel einen Durchmesser von 20 mm, die Platte einen Durchmesser von mindestens 50 mm haben; Halbmesser für die Kantenabrundung der Platte: 2,5 mm.

d) Walze/Walze oder Walze/Platte.

Diese Elektroden sind insbesondere bei fortlaufenden Prüfungen gebräuchlich. Der Durchmesser der Walzen soll 25 oder 50 mm betragen, der Halbmesser der Kantenabrundung 2,5 mm. Die Anpressung erfolgt durch das Eigengewicht der oberen Walze.

Für die Prüfung sind zwei gleiche Walzen oder Walze gegen Platte zu verwenden.



Maße in mm

Abb. 1.

e) Schneiden.

Für die Messung des Oberflächenwiderstandes dienen als Elektroden zwei gerade, 100 mm lange, mit Blattmetall umkleidete Gummischneiden; die Entfernung der beiden Elektroden beträgt 10 mm (Abb. 1).

f) Kegelige Stöpsel.

Für die Messung des Isolationswiderstandes kommt in der Regel die Anwendung kegeliger Meßbrückenstöpsel nach DIN 1 von 2 oder 5 mm Durchmesser in Frage, die Bohrung ist mit einer Reibahle nach DIN 9 nachzureiben.

§ 13.

Am Prüfkörper haftende Elektroden.

Vorwiegend für die Ermittlung des dielektrischen Verlustfaktors und der Dielektrizitätskonstante sind fest haftende, leitende Belegungen zu verwenden:

a) Elektroden aus Blattmetall (nur für Niederfrequenz).

Die Elektroden, im allgemeinen kreisförmige Belegungen, werden durch Anreiben von Blattmetall auf dem Isolierstoff hergestellt. Um ein besseres Anhaften zu erzielen, wird der Prüfling mit einem Hauch Paraffinöl benetzt. Lufteinschlüsse zwischen Belegung und Prüfkörper sind zu vermeiden.

b) Fest haftende Elektroden, die nach dem Schoop'schen Metallspritzverfahren auf den Prüfling aufgespritzt werden (nur für Niederfrequenz).

c) Elektroden, die auf chemischem Wege aufgebracht werden.

Es kommen in Frage: Versilberung durch Silbernitratlösung mit Formaldehyd, gegebenenfalls mit galvanischer Verstärkung.

d) Elektroden, die nach dem Einbrennverfahren bei höherer Temperatur aufgebracht werden, insbesondere Silber- oder Platin-Elektroden für anorganische Isolierstoffe.

e) Graphit-Elektroden (nur für Niederfrequenz).

Diese werden durch Aufreiben von trocknem Graphit oder durch Aufstreichen einer nach dem Trocknen leitenden Graphitaufschlämmung aufgebracht. Sie dienen u. a. zur Bestimmung des Oberflächen-Widerstandes an Formstücken. Für diese Messung sind z. B. mit einem besonders weichen Spezial-Graphitstift zwei Striche von etwa 1,5 mm Breite und 25 mm Länge im Abstand von 2 mm voneinander auf die Oberfläche des Prüflings aufzubringen. In Fällen, in denen Graphit auf dem Isolierstoff nicht haftet, ist die Meßstelle mit feinstem Polierpapier bzw. mit Pariser Rot ein wenig aufzurauhen. Ein Abschleifen der Oberfläche darf jedoch nicht stattfinden.

f) Kathodenzerstäubung im Vakuum.

Abb. 2.

§ 14.

Elektroden für Formkörper.

Für Formkörper, die besondere Elektroden erfordern, (z. B. Rohre, Schläuche u. ä.) gilt folgendes:

Innere Elektroden werden hergestellt bei größeren Innendurchmessern durch Aufbringen leitender Belegungen nach § 13, bei kleinen Durchmessern auch durch Aufdornen oder Ausfüllen mit leitenden Nadeln. Ferner kommt in Frage Ausfüllen mit Quecksilber und Ausstopfen mit Metallfolien.

Außenelektroden werden hergestellt durch Aufbringen gut anliegender, leitender Belegungen. Für die Herstellung der Belegungen kommen außer den in § 13 genannten Verfahren noch Umwickeln mit leitenden Folien oder Tauchen in Wasser in Betracht. (Bei Verwendung von Wasser oder wässerigen Lösungen als Elektroden ist zu beachten, daß die Berührung mit der Flüssigkeit eine besondere Beanspruchung des Isolierstoffes bedeuten kann.)

§ 15.

Schutzringelektroden.

Aufsetzbare, massive und am Prüfkörper haftende Elektroden nach §§ 12a und 13 können als Schutzringelektroden ausgebildet werden, um bei elektrischen Untersuchungen Kriechströme über die Oberfläche des Isolierstoffes von der Messung auszuschließen und bei Bestimmung der Dielektrizitätskonstante einen Ausschnitt aus einem homogenen Feld zu erhalten.

Die metallische Belegung auf der einen Seite wird dazu durch Anbringen eines Schutzspaltes von etwa 1 mm Breite entsprechend Abb. 2 unterbrochen. Die Breite des Schutzringes, der während der Messung zu erden ist, soll doppelt so groß sein wie die Dicke der Platte, jedoch nicht unter 5 mm. Der Durchmesser der geschützten Meßbelegung soll mindestens 70 mm betragen. Der Durchmesser der ungeschützten Meßbelegung soll mindestens dem Außendurchmesser des Schutzringes entsprechen (Abb. 2). Die Kapazität des Prüflings soll mindestens 50 pF betragen.

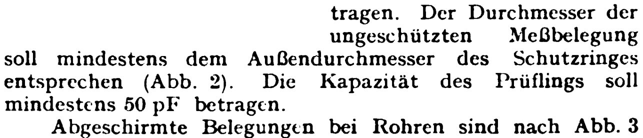


Abb. 3.

Abgeschirmte Belegungen bei Rohren sind nach Abb. 3 anzuordnen.

Digitized by Google

D. Art der Prüfungen.

§ 16.

Isolationswiderstand.

Der Isolationswiderstand wird zwischen zwei Elektroden gemessen, und zwar

zwischen aufgesetzten Elektroden (Oberflächen-Widerstand) und

zwischen eingesetzten Elektroden (Widerstand im Innern).

a) Oberflächenwiderstand.

Der Oberflächenwiderstand wird gemessen bei 1000 V Gleichspannung zwischen schneidenförmigen Elektroden (§ 12e) oder aufgebrachten Graphitstrichen (§ 13e) mittels Galvanometer 1 min nach Anlegen der Spannung. Das Schaltbild zeigt Abb. 4.

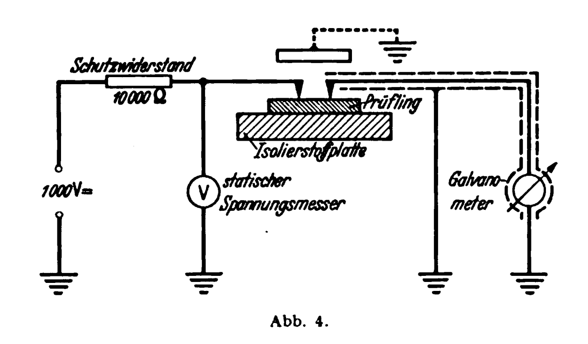


Abb. 4.

Der Prüfling darf bei der Messung nicht auf eine geerdete Metallfläche gelegt werden, da sich hierdurch die elektrische Feldverteilung ändert. Bei der Messung des Oberflächenwiderstandes wird, da nicht alle elektrischen Kraftlinien in der Oberfläche des Isolierstoffes verlaufen, gleichzeitig auch der Widerstand im Innern mit erfaßt. Aus dem gemessenen Strom und der Spannung ist der Widerstand in Megohm zu ermitteln. Isolationswiderstände über 10^{12} Ω sind elektrometrisch durch Vergleich mit Hochohm-Widerständen zu messen[2]). Das Schaltbild zeigt Abb. 5.

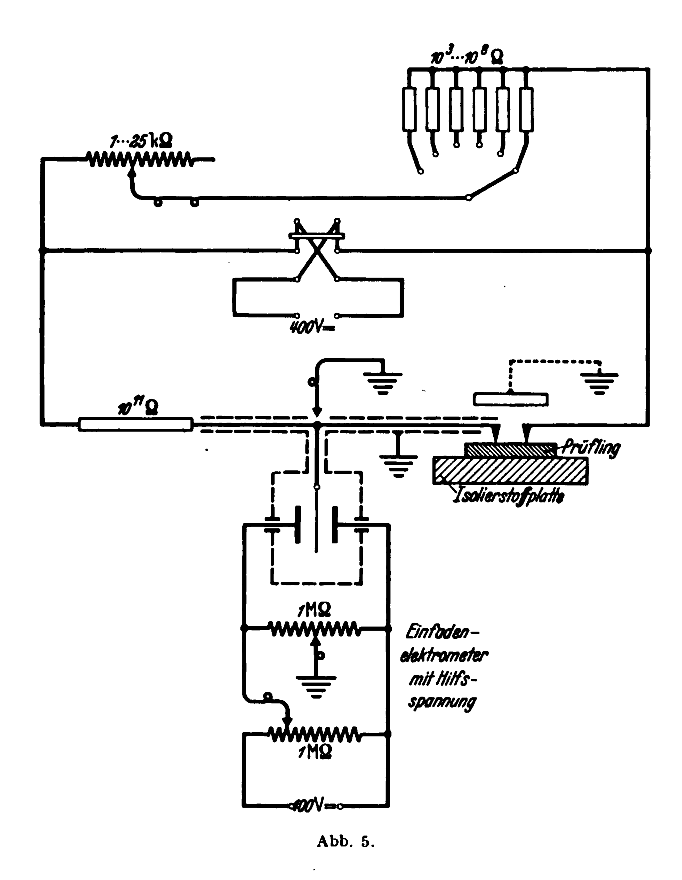


Abb. 5.

[2]) Vgl. H. Klingelhöffer und N. Jasper, Kunststoffe 29 (1939) S. 223.

Für die Angabe des Oberflächen-Widerstandes gelten als Vergleichszahlen die Zehnerpotenzzahlen des Isolationswiderstandes (siehe nachstehende Tafel, die bezüglich der Vergleichszahlen sinngemäß erweitert werden kann):

Isolationswiderstand zwischen den Schneiden Ω		Oberflächenwiderstand Vergleichszahl	bisherige Vergleichszahlen	
$\geqq 10^6$	$< 10^7$	6	2b	2
$\geqq 10^7$	$< 10^8$	7	2a	
$\geqq 10^8$	$< 10^9$	8	3b	3
$\geqq 10^9$	$< 10^{10}$	9	3a	
$\geqq 10^{10}$	$< 10^{11}$	10	4b	4
$\geqq 10^{11}$	$< 10^{12}$	11	4a	
$\geqq 10^{12}$	$< 10^{13}$	12	5	5
usw.		usw.	—	—

Für eine Versuchsreihe sind fünf Messungen an verschiedenen Stellen bzw. an verschiedenen Prüfkörpern vorzunehmen. Als Ergebnis für die Höhe des Oberflächenwiderstandes sind die ermittelten Vergleichszahlen anzugeben.

b) Widerstand im Innern.

Der Widerstand im Innern wird zwischen zwei eingesetzten Elektroden mittels Galvanometer gemessen, wobei die Prüfkörper auf eine isolierende Unterlage zu legen sind, es erfaßt gleichzeitig auch den Oberflächenwiderstand. Meßspannungen sind im allgemeinen 1000 oder 110 V Gleichspannung. Der Galvanometerausschlag ist 1 min nach Anlegen der Spannung abzulesen. In den Fällen, in denen bereits nach kürzerer Zeit der Galvanometerausschlag sich nicht mehr ändert, kann früher abgelesen werden.

1. Stöpselverfahren

Zur Messung werden in der Regel zwei kegelige Stöpsel nach § 12f), die bei Platten und Rohren 5 mm, jedoch bei Rohren und Rundstäben kleinen Durchmessers 2 mm Durchmesser haben, in entsprechende Bohrungen eingesetzt. Der Mittenabstand der Bohrungen beträgt bei 5 mm-Stöpseln 15 mm bei 2 mm-Stöpseln 12 mm.

2. Quecksilberverfahren

Zwei Löcher von 5 mm Durchmesser und 15 mm Mittenabstand werden in den Isolierstoff auf etwa $^2/_3$ der Dicke, höchstens aber 10 mm Tiefe gebohrt und mit Quecksilber gefüllt.

Dieses Verfahren wird bei harten Stoffen (z. B. bei Gesteinen) angewendet, bei denen ein gutes Anliegen von Meßstöpseln in der Bohrung nicht gewährleistet erscheint (siehe VDE 0330 „Leitsätze für die Prüfung von natürlichen Gesteinen").

§ 17.

Durchgangswiderstand.

Der Durchgangswiderstand ist der Isolationswiderstand durch das Isolierstoffinnere unter Ausschluß des Oberflächenwiderstandes.

Als Prüfkörper für die Ermittlung des Durchgangwiderstandes sind ebene quadratische Platten von einigen Millimetern Dicke und etwa 150 oder 300 mm Kantenlänge oder runde Platten mit etwa 150 oder 300 mm Durchmesser geeignet. Falls der Isolationswiderstand der Prüfkörper sehr hoch ist, sollen große Elektrodenflächen auf den Prüfkörper aufgebracht werden. Kriechströme über die Oberfläche des Isolierstoffes sind, sofern sie nicht vernachlässigbar sind, durch Verwendung von Schutzringelektroden nach § 14 auszuschließen. Die Messung ist bei geerdetem Schutzstreifen mit einem Galvanometer 1 min nach Anlegen der Spannung vorzunehmen. Als Meßspannung ist eine Gleichspannung von 1000 V zu verwenden.

Durchgangswiderstände über 10^{12} Ω sind elektrometrisch durch Vergleich mit Hochohm-Widerständen zu messen[3]).

Für Messungen, die nur einen Anhalt geben sollen, sind auch 110 oder 220 V Gleich- oder Wechselspannung als Prüfspannung zulässig. In diesem Falle dürfen auch an Stelle von fest haftenden leitenden Belegungen angepreßte Elektroden benutzt werden.

Aus dem Durchgangswiderstand kann bei einfachen Körpern der spezifische Widerstand errechnet werden.

[3]) Wie Fußnote 2.

Digitized by Google

§ 18.

Spannungserwärmungsprüfung.

Bei der Spannungserwärmungsprüfung läßt man eine Wechselspannung von 50 Per/s während einer Zeit von 15 oder 30 min auf den Prüfkörper einwirken. Im Vergleich mit einem gleichen unbeanspruchten Prüfkörper soll unmittelbar nach dem Abschalten der Spannung an dem Prüfgegenstand keine fühlbare Erwärmung bei Betasten mit der Hand festgestellt werden. Im Zweifelsfalle ist die etwa auftretende Erwärmung an der Oberfläche mit einem Thermoelement zu messen. Die Prüfung erfolgt bei Raumtemperatur.

Die Spannungserwärmungsprüfung kann sowohl an üblichen Prüfkörpern als auch an beliebigen Formstücken vorgenommen werden (vgl. §§ 11 bis 13 von VDE 0310/1929 „Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Holz als Isolierstoff", ferner § 12 von VDE 0446/1929 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an").

§ 19.

Durchschlagspannung.

Als Durchschlagspannung gilt der Effektivwert der Spannung, bei der der Durchschlag eintritt. Die Kurvenform der Prüfspannung muß praktisch sinusförmig sein (Oberwellengehalt < 5%). Die Durchschlagspannung ist mit Wechselspannung von 50 Per/s durch allmähliches Steigern der Spannung bis zum Durchschlag festzustellen. Die Steigerung der Spannung soll von Null beginnen und höchstens 1 kV/s betragen. Sie soll gleichmäßig oder in Stufen erfolgen, die aber nicht größer als 5% des zu erwartenden Endwertes sein dürfen.

Bei der Ermittlung der Durchschlagspannung ist bei einigen Isolierstoffen die Dauer der elektrischen Beanspruchung von Einfluß auf das Meßergebnis. Für solche Isolierstoffe ist zusätzlich die Abhängigkeit der Durchschlagfestigkeit von der Zeitdauer der Spannungsbeanspruchung zu ermitteln.

§ 20.

Durchschlagsfestigkeit.

Als Durchschlagsfestigkeit eines Versuchskörpers gilt der Quotient aus der Durchschlagspannung U und der zwischen den Elektroden gemessenen geringsten Dicke d des Prüflings,

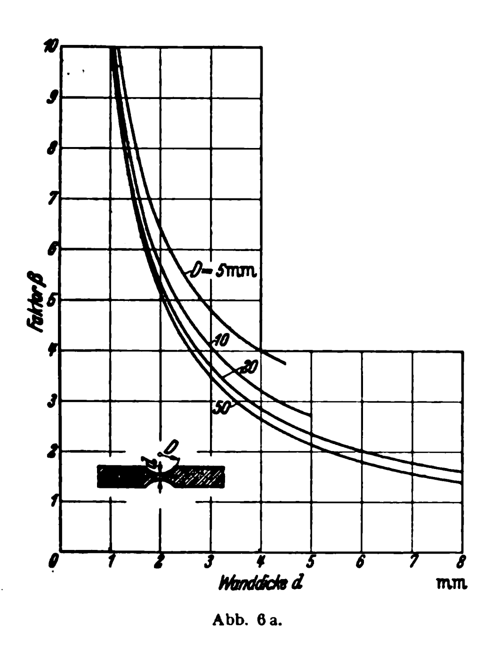


Abb. 6a.

wobei gleichmäßige Feldstärke vorausgesetzt ist. Bei Prüfkörpern mit kugelkalottenförmiger Vertiefung ist die vom gleichmäßigen Feld abweichende Feldverteilung zu berücksichtigen. Man erhält die auf gleichmäßige Feldstärke bezogene Durchschlagsfestigkeit durch Multiplikation des Mittelwertes der Durchschlagspannung mit einem Faktor α, welcher das Verhältnis der wirklichen, an der Kugeloberfläche herrschenden Feldstärke zur gleichförmigen Feldstärke wiedergibt. Um für verschiedene Wanddicken die wahre Durchschlagsfestigkeit schnell berechnen zu können, sind in Abb. 6a und b Hilfskurven für verschiedene Kugeldurchmesser und verschiedene Wanddicken wiedergegeben. Dabei gelten die Kurven der Abb. 6a für Durchschlagsmessungen zwischen zwei gleichen Kugelelektroden und die Kurven der Abb. 6b für Durchschlagsmessungen zwischen Kugel/Platte—Elektroden. In den Kurven ist nicht der Faktor α, sondern das Verhältnis $\beta = \alpha/d \cdot 10$ aufgetragen, um die Durchschlagsfestigkeit in kV/cm zu erhalten. Man hat also, um aus der gemessenen Durchschlagspannung U in kV und der gegebenen Wanddicke d in mm die Durchschlagsfestigkeit in kV/cm zu erhalten, das Produkt $U \cdot \beta$ zu bilden.

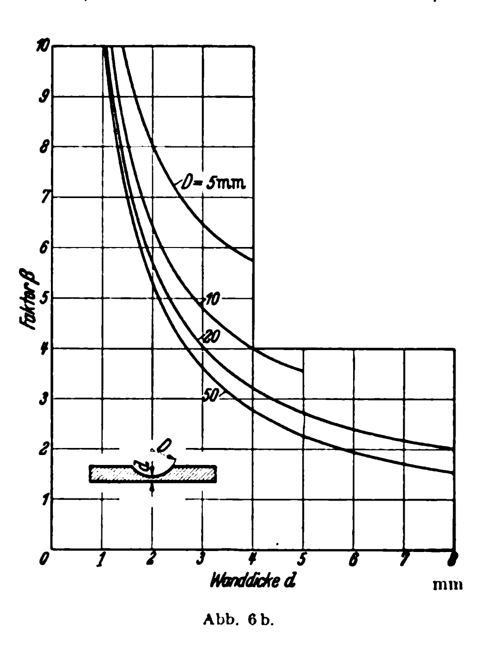


Abb. 6b.

Tritt der Durchschlag nicht an der dünnsten Stelle zwischen den Elektroden auf, so liegt eine ungleiche Feldverteilung oder eine elektrische Inhomogenität des Isolierstoffes vor. Als Durchschlagsfestigkeit ist jedoch der Quotient aus der Durchschlagspannung und der Dicke der Platte an der dünnsten Stelle anzugeben, und zwar ohne Rücksicht auf die Lage des Durchschlagkanals.

Für jede Versuchsreihe sind mindestens fünf Prüfkörper erforderlich.

Jede Angabe über die Durchschlagsfestigkeit, die Vergleichszwecken dienen soll, muß außer dem Mittelwert noch die Dicke des Werkstoffes, sowie Art, Temperatur und Zahl der Versuchskörper und den kleinsten gemessenen Wert enthalten.

Die Prüfung wird mit Wechselspannung von 50 Per/s im allgemeinen bei Raumtemperatur vorgenommen, falls erforderlich unter Öl; sofern der Isolierstoff nicht ölfest ist, muß die Prüfung unmittelbar nach Einbringen des Werkstoffes unter Öl ausgeführt werden. Die eine Elektrode ist möglichst zu erden.

Als Versuchskörper für die Bestimmung der Durchschlagsfestigkeit sind Prüfkörper mit kugelkalottenförmiger Vertiefung geeignet. Ebene Platten ohne Vertiefung sollen eine Dicke von höchstens 3 mm aufweisen.

Da die Durchschlagsfestigkeit mit der Größe der beanspruchten Fläche sinkt, sind die Werte der Durchschlagspannung, die an Platten gemessen werden, im allgemeinen kleiner als die an Prüfkörpern mit halbkugeligen Vertiefungen erhaltenen Werte.

Für die Durchschlagsprüfung vergießbarer Massen[4]) sind besondere Vorsichtsmaßnahmen erforderlich, um ein infolge Schrumpfung dieser Massen beim Erstarren auftretendes Reißen zwischen den Elektroden oder ein Auftreten dünner Luftkanäle zu verhindern.

§ 21.

Spannungsprüfungen.

Man unterscheidet folgende Spannungsprüfungen:

1. Momentan-Spannung, d. h. die Spannung, die bei plötzlichem Anlegen der vollen Spannung, z. B. bei fortlaufender Prüfung von Bändern zwischen Walzen, kurzzeitig ausgehalten wird;

[4]) Vgl. ETZ 57 (1936) S. 632.

Digitized by Google

2. Einminuten-Spannung, d. h. die Spannung, die 1 min lang ausgehalten wird. Die Spannung ist — mit höchstens 50% des vorgeschriebenen Endwertes beginnend — innerhalb etwa 10 s auf den Endwert zu steigern und nach Erreichen des Endwertes noch 1 min konstant zu halten;
3. Fünfminuten-Spannung, d. h. die Spannung, die 5 min lang ausgehalten wird. Die Spannung ist — mit höchstens 50% des zu erwartenden Endwertes beginnend — innerhalb etwa 10 s auf den Endwert zu steigern und nach Erreichen des Endwertes noch 5 min konstant zu halten;
4. Dreißigminuten-Spannung, d. h. die Spannung, die 30 min lang ausgehalten wird. Die Spannung ist — mit höchstens 50% des zu erwartenden Endwertes beginnend — innerhalb etwa 10 s auf den Endwert zu steigern und nach Erreichen des Endwertes noch 30 min konstant zu halten.

§ 22.

Verlustfaktormessung.

a) Zur Kennzeichnung der dielektrischen Verluste dient der dielektrische Verlustfaktor tg δ. Die Bestimmung des Verlustfaktors ist nach einem Brückenverfahren oder nach einem Resonanzverfahren durch Vergleich des aus dem Prüfkörper bestehenden Kondensators mit einem praktisch verlustfreien Kondensator von bekannter Kapazität vorzunehmen.

Verlustmessungen sind möglichst an Platten vorzunehmen; es können aber auch anders geformte Körper benutzt werden. Als Elektroden sind solche nach § 14 zu verwenden.

Der Schutzspalt zwischen Meß- und Schutzbelegung soll gut isolieren. Die Isolation ist mittels Glimmlampe bei 110 oder 220 V Gleichspannung zu prüfen, hierbei darf die Lampe nicht aufleuchten.

b) Die Frequenz des für die Bestimmung des dielektrischen Verlustfaktors verwendeten Wechselstromes soll 50 oder 800 Per/s betragen.

Isolierstoffe für Zwecke der Hochfrequenz sind je nach Verwendung bei 1, 10 oder 50 MHz zu prüfen.

Die Messung bei einer Frequenz läßt im allgemeinen keine Schlüsse auf das Verhalten bei anderen Frequenzen zu.

§ 23.

Kapazitätsmessungen.

Mit der Messung des dielektrischen Verlustfaktors in einer Wechselstrombrücke oder nach einem Resonanzverfahren wird gleichzeitig die Kapazität des aus Prüfling und Belegungen gebildeten Kondensators ermittelt. Für genaue Kapazitätsmessungen sind abgeschirmte Elektrodenanordnungen nach § 15 oder ein Dreiplattenkondensator nach Abb. 7 zu verwenden.

Abb. 7.

§ 24.

Dielektrizitätskonstante.

Aus der Kapazität des aus Prüfling und Belegungen gebildeten, abgeschirmten Kondensators und seiner Abmessungen kann die Dielektrizitätskonstante des Werkstoffes ermittelt werden. Sie ergibt sich als Quotient aus der gemessenen Kapazität und der errechneten Kapazität des abgeschirmten Kondensators, jedoch mit Luft als Zwischenmittel (Dielektrikum).

§ 25.

Verlustfaktormessungen in Abhängigkeit von der Spannung.

Die Messung des dielektrischen Verlustfaktors in Abhängigkeit von der Spannung gibt einen wichtigen Anhalt über das Verhalten der Isolierstoffe. Diese Abhängigkeit kann z. B. in der Hochspannungsbrücke nach Schering bis zum Durchschlag bzw. Überschlag des Prüflings gemessen werden.

§ 26.

Dielektrische Messungen in Abhängigkeit von der Temperatur.

Werden Isolierstoffe bei höheren Temperaturen als Raumtemperatur verwendet, so sind die elektrischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Temperatur zu ermitteln. Da einige Isolierstoffe bei höheren Temperaturen auch eine zeitliche Änderung der elektrischen Eigenschaften zeigen, sind die Untersuchungen zur Gewinnung untereinander vergleichbarer Werte an den Proben wie folgt vorzunehmen[5]):

Die Messungen sind bei fallender Temperatur in Abständen von höchstens 20° auszuführen. Die etwa 3 mm dicken plattenförmigen Prüfkörper sind nach Art eines Schutzring-Kondensators mit fest haftenden Elektroden zu versehen.

Beträgt der mittlere Durchmesser des Schutzspaltes 84,9 mm, die Breite des Schutzspaltes etwa 1 mm und die Dicke der Platte a mm, so ergibt sich die Dielektrizitätskonstante ε zu $0{,}2\,C\,a$.

Der dielektrische Verlustfaktor ist zunächst an jeder Platte einzeln bei Raumtemperatur zu messen. Die Messung bei höheren Temperaturen und 50 oder 800 Per/s ist zweckmäßig in einem Thermostaten mit besonderer Elektroden-Anordnung vorzunehmen, der die gleichzeitige Messung zahlreicher Prüfkörper gestattet.

Der Thermostat mit den Platten ist in etwa 10 min auf die gewünschte Endtemperatur zu heizen. Damit die Platten diese Temperatur annehmen, ist die Temperatur für je 1 mm Plattendicke 15 min konstant zu halten. Anschließend werden in etwa 30 min die Messungen durchgeführt, wobei jeweils der zuerst untersuchte Prüfkörper am Ende der Meßzeit nochmals geprüft wird, um einen Anhalt über die Änderungen der dielektrischen Eigenschaften während der Meßdauer von 30 min zu erhalten.

Die Temperatur ist sodann in 10 min auf die nächste Stufe zu erniedrigen. Für den Temperaturausgleich sind die Platten wiederum 15 min für je 1 mm Plattendicke bei der neuen Meßtemperatur zu lagern. Das gleiche gilt für die folgenden Messungen.

§ 27.

Lichtbogenfestigkeit.

Der Prüfling, eine Platte, ist waagerecht zu legen. Zwei angespitzte Reinkohlen von 8 mm Durchmesser sind in einem Winkel von etwas mehr als 90° gegeneinander in einer etwa um 60° gegen die Waagerechte geneigten Ebene auf die Platte aufzusetzen. An die Kohlen wird eine Spannung von 220 V Gleichspannung unter Vorschalten eines Widerstandes von 20 Ohm gelegt. Nach Bildung des Lichtbogens zwischen den Kohlen werden diese mit einer Geschwindigkeit von höchstens 1 mm/s auseinandergezogen.

Folgende vier Stufen der Sicherheit gegenüber dem Lichtbogen werden unterschieden:

Stufe 0. Unter dem über 20 mm lang ausziehbaren Lichtbogen bildet sich eine leitende Brücke im Isolierstoff, die auch nach dem Erkalten leitend bleibt.

Stufe 1. Unter dem über 20 mm lang ausziehbaren Lichtbogen bildet sich eine leitende Brücke im Isolierstoff, die nach dem Erkalten ihre Leitfähigkeit verliert.

Stufe 2. Der Lichtbogen läßt sich weiter als 20 mm ausziehen, es bildet sich aber keine zusammenhängende Brücke im Isolierstoff.

Stufe 3. Der Lichtbogen läßt sich nicht über seine normale Länge von etwa 20 mm ausziehen.

§ 28.

Kriechstromfestigkeit.

(Ein Prüfverfahren ist in Vorbereitung.)

[5]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 876.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Durchbildung eines neuzeitlichen Hochvakuumpumpstandes.

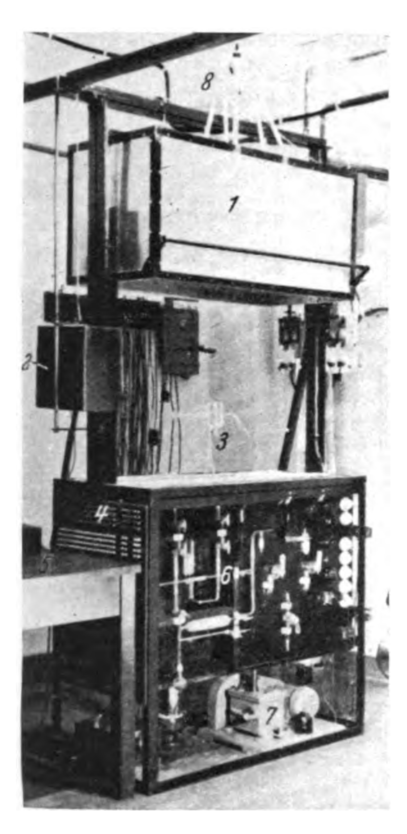
(Mitteilung aus der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost.)

Von Günter Michaelis, Berlin.

DK 533.51/.57

Übersicht. In einer früheren Arbeit[1]) wurde über den allgemeinen Aufbau eines Hochvakuumpumpstandes und über die dort gebräuchlichen Apparate gesprochen. Nun soll eine Pumpapparatur geschildert werden, wie sie auf Grund jahrelanger Erfahrung zur Fertigstellung von Photozellen, Sekundärelektronenverstärkern usw. durchentwickelt worden ist.

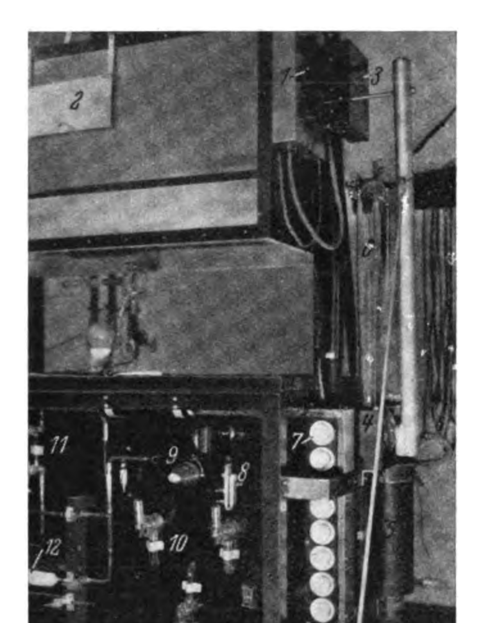
Ein für den praktischen Betrieb bestimmter Hochvakuumpumpstand unterscheidet sich von einer normalen Laboratoriumsapparatur einmal dadurch, daß er aus Hartglas aufgebaut ist. Der Vorteil des Hartglases ist der kleinere Ausdehnungskoeffizient; das Glas ist daher unempfindlich gegen schnelle oder einseitige Abkühlung oder Erwärmung (weniger Bruch), außerdem hat es einen höheren Schmelzpunkt als weiches Glas, so daß der Rezipient höher ausgeheizt werden kann.



1 hochschiebbarer elektrischer Heizofen
2 Gegengewicht
3 Pumpstutzen mit Versuchszelle
4 Pertinaxplatte mit Steckeranschlüssen von der im Ofen eingebauten Kontaktplatte aus Porzellan
5 Meßtisch für den Aufbau der Versuchsanordnung
6 Armaturenbrett zur Bedienung des Hochvakuumpumpstandes
7 rotierende Öl-Luftpumpe
8 Kontaktthermometer

Abb. 1. Hochvakuumpumpstand, Vorderansicht.

Photozellen usw. werden, bevor sie mit Caesium beschickt werden, erst im Vakuum gut ausgeheizt. Auf einem Winkeleisengestell ist deshalb in Tischhöhe eine Heizplatte montiert, worüber sich der große Heizkasten befindet (Abb. 1). Dieser Kasten läuft in zwei Führungsschienen, ist mit Hilfe eines Gegengewichtes gut ausgewogen und läßt sich leicht so hoch schieben, daß man bequem darunter arbeiten kann. Jede Kastenwand läßt sich einzeln nach Art der Heizkissenschaltung in ihrer Wärmeabgabe regeln, so daß man ohne jeden Leistungsverlust in dem sonst üblichen Vorwiderstand jede beliebige Temperatur bis zu 700 ° C einregeln kann. In der unteren Heizplatte ist die Öffnung für den Pumpstutzen und eine rechteckige Aussparung für eine Porzellaneinlage. In der Porzellaneinlage sind 36 mit Edelmetall



1 Schalter zur Temperaturregelung im Heizofen
2 abgedecktes Beobachtungsfenster
3 Magnetschalter
4 Hochvakuum-Eckhahn mit für den Dauerbetrieb verlängertem Knebel
5 Hochvakuumpumpe aus Stahl
6 die Ausfriertasche ist direkt über der Diffusionspumpe angeordnet
7 Sicherungen
8 Kontaktmanometer
9 Signalglocke
10 Vorvakuumhähne
11 Edelgas- und Sauerstoffschleusen
12 Trockenvorlage

Abb. 2. Pumpstand mit Magnetschalter und verlängertem Hochvakuumhahn.

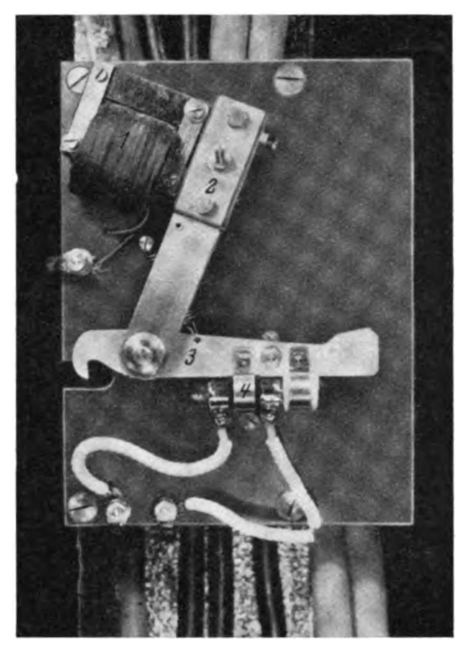
überzogene und daher hitzebeständige Kontaktbuchsen angebracht. Von hier gehen die mit Asbestschlauch isolierten elektrischen Anschlüsse zu der jeweils im Ofen zu messenden Zelle. Von den Kontakten der Porzellaneinlage führen die Leitungen zu den Steckerbuchsen einer Pertinaxplatte, die sich an der linken Ofenseite befindet. An dieser Tafel liegen an bunten Buchsen außerdem alle Spannungen, die man zur elektrischen Behandlung und Messung der verschiedenen Zellen benötigt. An der Rückwand der Platte sind die Transformatoren für die erforderlichen Wechselspannungen befestigt. Zum Aufbau einer größeren Versuchsanordnung läßt sich neben die Kontakttafel ein Labortisch stellen. Die Anschlüsse liegen darum oberhalb der Tischplatte.

In dem Gestell unterhalb der abnehmbaren Heizplatte sind auf einer dicken senkrecht stehenden Sperrholztafel alle Hähne und die zur Bedienung erforderlichen Teile

[1]) G. Michaelis, ETZ 60 (1939) S. 1019.

Digitized by Google

der Hochvakuumanlage übersichtlich und fest angeordnet. Auf der linken Seite der Tafel befinden sich die Schleusen zur Edelgas- und Sauerstoffentnahme, sowie ein Kölbchen mit Kaliumpermanganat zur $O_2 + O_3$-Entwicklung. Zwischen der Schleuse und dem Hochvakuumhahn passiert der Sauerstoff einen kleinen Ozonisator. An der Edelgas-



1 Haltemagnet *2* Hammer *3* Hebel mit Klinke *4* Quecksilberschalter

Abb. 3. Magnetschalter.

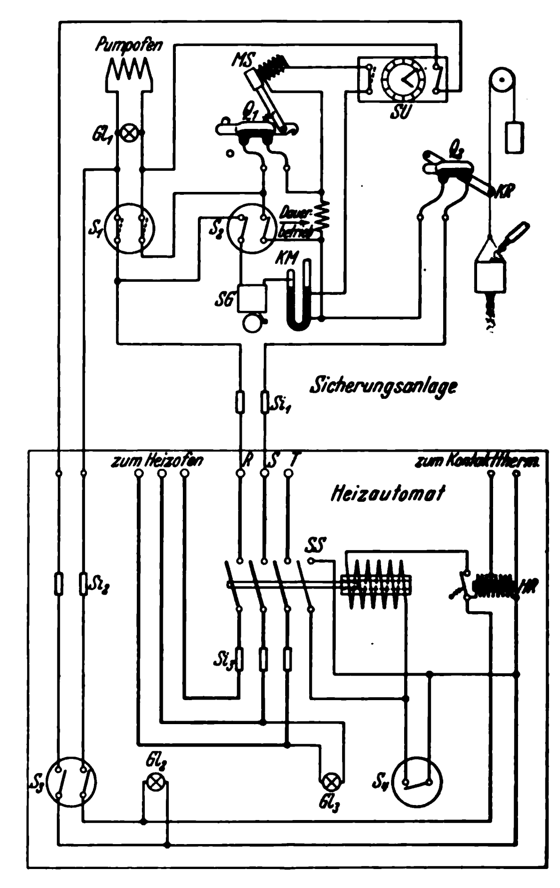
fülleitung ist außerdem ein Eckhahn angeschlossen, der über eine Trockenvorlage den Weg zum Blasestutzen des Glasbläsers freigibt. Den mittleren Teil der Platte füllen die eingebauten Eckhähne der Vorvakuumleitung aus. Darüber sitzt das Vorvakuumkontaktmanometer, eine Signalglocke und das Ionisationsmanometer. Die rechte Seite ist der Platz für die Sicherungen und Schalter mit Signallampen für die Hoch- und Vorvakuumpumpe, außerdem für die Sicherungen der Steckdosen und einigen Transformatoren. Die Sperrholzplatte reicht nicht bis zum Fußboden, so daß darunter noch die rotierende Vorvakuumölpumpe Platz hat und von vorn beobachtet werden kann.

Die vierstufige Hochvakuumpumpe aus Metall ist mit zwei kräftigen Bandeisenschellen an der rechten Seite des Ofengestells befestigt (Abb. 2). Direkt darüber ist eine große Ausfriertasche mit einem Normalschliff mittels Piceïn an die Pumpe gekittet. Die Ausfriertasche hält den noch aus der Diffusionspumpe kommenden Quecksilberdampf zurück, läßt die Quecksilberperlen in die Pumpe zurückfallen und ist so bemessen, daß der Saugquerschnitt des Pumpstutzens durch sie nicht verkleinert wird. Die weite Hauptleitung geht dann über einen großen Eckhahn, der ebenfalls an dieser Seite in einem kräftigen Holzklotz gelagert ist, unter die Heizplatte.

Die Pumpapparatur ist für den unbeaufsichtigten Dauerbetrieb eingerichtet. Aus diesem Grunde ist ein Kontaktmanometer, ein Magnetschalter, ein Kühlwasserrelais, ein Kontaktthermometer, ein Schaltschütz und eine Schaltuhr eingebaut.

An die Vorvakuumleitung ist ein verkürztes Quecksilbermanometer mit drei Kontakten angeschlossen. Tritt während des Pumpprozesses ein Bruch in der Hoch- oder Vorvakuumleitung auf, so erfüllt der sich ändernde Quecksilberspiegel zwei Schaltvorgänge. Der fallende Spiegel öffnet einen Stromkreis, der über einen Haltemagneten führt, während das steigende Quecksilber bei Tage eine Klingel einschaltet. Steht der Hauptschalter auf „Dauerbetrieb", so ist der Klingelstromkreis geöffnet und dafür der Haltemagnet in Betrieb.

Die Anordnung mit dem Haltemagneten (Abb. 3) dient dazu, den Hochvakuumhahn selbsttätig zu schließen. Im Betriebszustand fließt ein Teil des Heizwechselstromes der Hochvakuumpumpe über einen Haltemagneten und über das Quecksilbermanometer. Der Magnet hält einen lamellierten Eisenkern, welcher an einem einseitigen Hebelarm angeschraubt ist, fest. Im Drehpunkt des Hebels ist eine Klinke gelagert, welche auf der einen Seite eine auf die Eckhahnhülse gesteckte Verlängerung festhält und deren anderer Hebelarm einen kleinen Quecksilberkippschalter trägt. Die Verlängerung ist in Drehrichtung des Hahnes durch eine Feder vorgespannt und



S_1 schaltet die Hochvakuumpumpe ein
S_2 ist am Tage ein-, bei Dauerbetrieb ausgeschaltet
S_3 legt Spannung an das Hilfsrelais *HR*
S_4 überbrückt den Haltesteg im Schaltschütz *SS*
Gl_1, Gl_2 und Gl_3 sind Glimmlampen und zeigen an, ob Spannung an der Pumpe, am Hilfsrelais und am Ofen liegt
Si_1, Si_2 und Si_3 sind Sicherungen von 15, 2 und 35 A
Q_1, Q_2 Quecksilberkippschalter
MS Magnetschalter
SU Schaltuhr
KR Kühlwasserrelais
KM Kontaktmanometer
SG Signalglocke

Abb. 4. Schaltung der Sicherungsanlage und des Heizautomaten.

am oberen Ende durch ein Gewicht beschwert. Sinkt nun durch eine undichte Stelle in der Apparatur der Quecksilberspiegel des Manometers, so wird der Stromkreis des Haltemagneten geöffnet, der Eisenkern schlägt auf die Klinke, diese schaltet den Ofen ab und gibt den großen Hebelarm des Hochvakuumhahnes frei. Durch die Federspannung wird er langsam herumgedreht. Hat er erst einen kurzen Weg zurückgelegt, so kommt das an dem langen Hebelarm eingebaute Gewicht zur Wirkung und

Digitized by Google

dreht den Hahn völlig zu. Dieser Vorgang wurde soeben durch das Kontaktmanometer eingeleitet. Dasselbe geschieht aber auch, wenn die Spannung ausbleibt oder der Heizstromkreis unterbrochen wird. Ist nach einiger Zeit die Spannung wieder da, so bleibt die Anlage trotzdem abgeschaltet, weil das Quecksilberröhrchen am Kipphebel, über welches der Heizstrom fließt, ausgeschaltet hat.

Eine besondere Vorrichtung dient dazu, die Kühlwassermenge zu überwachen. Kurz bevor das Kühlwasser, welches von der Diffusionspumpe kommt, in den Abfluß läuft, wird es in einem Gefäß aufgefangen. Dieser Topf hängt an einem Seil und betätigt einen Hebel, an dem ein Quecksilberkippschalter befestigt ist. Im Boden des Behälters ist eine einstellbare Öffnung, durch die so viel Wasser abfließt, wie zum Kühlen unbedingt erforderlich ist. Fließt weniger Wasser aus der Leitung, so wird das Gefäß allmählich leer, damit wird es leicht und von einem Gegengewicht am Relais hochgezogen. Dabei wird der Hebelarm, an dem das Schaltröhrchen sitzt, um nahezu 45 ° geneigt, der Heizstrom wird abgeschaltet und somit der Abschaltvorgang eingeleitet. Am Tage betätigt ein zweites Quecksilberröhrchen in diesem Fall außerdem eine Signalglocke.

Besonders angenehm ist es, daß der Pumpstand mit einem Automaten ausgerüstet ist, der die Temperatur des Ofens regelt und den Ofen sowie die ganze Pumpanlage nach bestimmten Zeiten abschaltet.

Die Abb. 4 zeigt oben die Schaltung der Sicherungsanlage und unten die des Heizautomaten. Der Drehschalter S_3 legt Spannung über das Thermometerhilfsrelais *HR* an die Magnetspule des 60 A-Schützes *SS*. Dabei zeigt die Glimmlampe Gl_2 an, ob Spannung da ist. Der Drehschalter S_4 schließt eine im Schütz eingebaute Haltebrücke kurz. In diesem Moment zieht das Schütz an, schaltet den Drehstrom auf den Ofen, und die Glimmlampe Gl_3 leuchtet auf. Läßt man den Schalter in dieser Stellung stehen, so kommt der Ofen langsam auf die gewünschte Temperatur, das Kontaktthermometer schließt dann einen Teil der Windungen des Hilfsrelais *HR* kurz, dieses fällt ab und öffnet den Haltestromkreis. Erst wenn der Ofen die gewünschte Temperatur unterschritten hat, öffnet der Quecksilberfaden des Thermometers den Windungsschluß des Hilfsrelais. Dieses zieht wieder an und schaltet das Schütz ein. Dieser Vorgang wiederholt sich im Rhythmus der Abkühlzeit des Ofens. Soll der Ofen aber nur eine bestimmte Höchsttemperatur erreichen, so dreht man den Schalter S_4 über die eben beschriebene Stellung hinweg. Das Schütz hat also angezogen und hält sich über den eingebauten Haltekontakt selbst fest. Hat das Thermometer aber einmal das Hilfsrelais betätigt und damit den Haltestromkreis geöffnet, so kann sich das Schütz nicht wieder einschalten.

Am Tage kann man diese Schalter selbst betätigen und den Ofen, wenn er eine Zeitlang eine bestimmte Temperatur gehalten hat, abschalten. Soll aber nach Dienstschluß eine Zelle ohne Aufsicht ausgeheizt werden, so hilft hier eine Schaltuhr. Die Hochvakuumpumpe bleibt also in Betrieb, das Kontaktthermometer hält den Ofen auf Ausheiztemperatur und die Schaltuhr *SU* öffnet, wenn lange genug geheizt ist, den Haltestromkreis des Schützes *SS*. Die Abkühlzeit des Ofens ist bekannt, und nach zwei oder drei Stunden öffnet dieselbe Uhr den Stromkreis des Haltemagneten *MS* an der Pumpe. Dadurch wird der Ausschaltvorgang der Pumpanlage eingeleitet. Sollte vor der Zeit eine Störung eintreten, so wird die Pumpe sofort abgestellt und der Haupthahn geschlossen. Der Ofen wird dann ebenfalls außer Betrieb gesetzt, weil der Haltestromkreis des Automaten hinter dem Schalter S_1 der Hochvakuumpumpe, also parallel zum Pumpofen, angeschlossen ist und dann unterbrochen wird.

Zusammenfassung.

Es wird eine Hochvakuumanlage mit den für den unbeaufsichtigten Dauerbetrieb erforderlichen Einrichtungen geschildert. Der Aufbau der Apparate ist so wiedergegeben, wie er sich für den praktischen Betrieb bewährt hat.

Zum Verständnis der konstruktiven Tätigkeit in der Elektrotechnik.

DK 621.71 : 621.3

1. Ein Konstruktionsbüro ist kein Zeichenbüro.

Es ist bekannt, daß der Ingenieurnachwuchs nur wenig Neigung zur konstruktiven Tätigkeit zeigt[1]). Die Hauptschuld daran tragen die einseitigen, den geistig-schöpferischen Menschen nicht berücksichtigenden Rationalisierungen der Systemzeit, welche den Konstruktionsingenieur, der den Wert seiner Arbeit nicht buchmäßig belegen kann, um seine dienstliche und gesellschaftliche Anerkennung gebracht haben. Jene Zeit, in welcher das Konstruktionsbüro zum Zeichenbüro degradiert werden konnte, gehört ideologisch bereits der Vergangenheit an. Die damals entstandene Gewohnheit, statt Konstruktionsbüro Zeichenbüro zu sagen, ist aber auch heute noch nicht verschwunden[2]). Diese gedankenlos angenommene und trotz aller technopolitischen Bemühungen oftmals beibehaltene Bezeichnung verursachte der mechanischen Technik schweren Schaden, da ihr Nachwuchs dadurch gerade von jenem Betätigungsfeld abgestoßen wird, welches wegen der hierfür unerläßlichen Begabung das größte Angebot zur Auswahl benötigt.

Gerade der beste Nachwuchs will in verständlichem, jugendlichem Idealismus möglichst Wertvolles und möglichst Neues schaffen und nicht in schematischen, mechanischen Arbeiten vertrocknen. Er erhält durch diese geringschätzende Bezeichnung der konstruktiven Tätigkeit eine durchaus falsche Meinung und verhält sich durch Schuld der auf der anderen Seite um Konstruktionsingenieure werbenden Betriebe ablehnend.

Im allgemeinen sind in den „Zeichenbüros" die Zeichner gar nicht in der Mehrzahl; beispielsweise werden in einem Konstruktionsbüro eines Fernmeldewerkes mit rein zeichnerischen Arbeiten nur 10 % der Mitarbeiter beschäftigt, die mit kleineren konstruktiven Aufgaben Betrauten umfassen 40 %, den Rest von 50 % bilden selbständige Konstruktionsingenieure, von denen 10 % als erstklassig zu bezeichnen sind.

Durch die Art der Einschätzung der Konstruktion in jedem Betrieb wird die Anerkennung des Berufsstandes weitgehend beeinflußt. Noch stärker aber wird die allgemeine Meinung durch das Schrifttum gelenkt. Es ist daher nicht nur für technische Fachschriften, sondern ganz allgemein zu fordern, daß in Veröffentlichungen die fehlerhafte Bezeichnung Zeichenbüro an Stelle von Konstruktionsbüro vermieden wird.

2. Der Konstruktionsingenieur als Träger der konstruktiven Entwicklung.

Die Tätigkeiten des Konstruierens und des technischen Zeichnens dürfen nicht gleich bewertet werden. Der technische Zeichner überträgt maßstabrichtige Bleistiftzeichnungen in Tuschezeichnungen, er entwickelt aus Teilzeichnungen die Zusammenstellungszeichnungen und aus Handskizzen normgerechte Werkstattzeichnungen. Zweifellos

---

[1]) Vgl. Kesselring, Konstruieren und Konstrukteur, Z. VDI 81 (1937) S. 365. — Schnetzler, Auslese und Schulung der Konstrukteure der Elektroindustrie, ETZ 57 (1936) S. 637.

[2]) Vgl. ETZ 60 (1939) H. 32, S. 966.

wird von dem technischen Zeichner im Konstruktionsbüro nicht nur die Handfertigkeit des sauberen Zeichnens verlangt, sondern auch ein gutes, räumliches Vorstellungsvermögen, ein gewisses technisch-logisches Verständnis, die Kenntnis der Zeichnungsvorschriften und anderer Normen. Festzuhalten ist, daß der technische Zeichner eine reproduzierende Tätigkeit ausübt und niemals aus sich heraus etwas zur technischen Weiterentwicklung beiträgt.

Dieser technische Zeichner ist in der Praxis nicht sehr häufig zu finden; oftmals entwickeln sich in den ursprünglich als Zeichner Beginnenden produktive Anlagen, die letzten Endes auch die Triebfeder zur Ergreifung des Zeichnerberufes gewesen sein mögen. Er fängt an, zuerst kleine und einfache Teile, Befestigungskonstruktionen usw. selbständig zu entwerfen und wächst nach und nach in einen höheren Leistungskreis hinein.

Damit ist bereits das Kernproblem des Konstruktionsingenieurs genannt: das produktive Denken. Erst in dem Augenblick, wo der Zeichner beginnt, aus sich heraus konstruktive Wege zu suchen — wobei er aber nicht nur, auf ein gutes Gedächtnis sich stützend, in der Erinnerung behaltene Lösungen anderer abwandelnd reproduziert, sondern wo er diese Erinnerungsbilder bereits selbständig variiert —, beginnt er zu konstruieren.

Die Kombinationsgabe allein macht aber noch nicht das Wesentliche der konstruktiven Begabung aus. Es gehört noch eine starke selbstkritische Veranlagung dazu, um mit logischen Schlüssen die spontanen Einfälle weiterzubauen und mit sicheren Urteilen auf die Erfüllung aller Anforderungen der Aufgabe zu prüfen. Als wesentlichste Begabungsanlagen müssen daher betrachtet werden: Kombinieren, Urteilen und Schließen, welche drei zusammen erst erfinderische Leistungen ermöglichen, die industriell verwertbar sind. Aber diese konstruktive Begabung allein ist für die praktische Arbeit auch noch nicht ausreichend, es muß auch noch ein sicheres Wissen hinzukommen. Je umfassender diese naturwissenschaftlichen und technischen Wissensgrundlagen sind, um so leichter wird das Auffassen und das Erkennen des Wesentlichen einer Aufgabe und ihre systematische, nicht zufällige Lösung erreicht werden.

Die deutsche Elektrotechnik stellt heute konstruktive Aufgaben — es sei nur an die Wehrtechnik, Luftfahrtgerätetechnik und Werkstofftechnik erinnert —, welche sich außerhalb aller bekannten Bahnen bewegen und zu deren Lösung die beste Begabung und oftmals das Wissen des Hochschulingenieurs gerade gut genug sind. Daß auch diese Konstruktionsingenieure sich der Zeichnung als Verständigungsmittel zur Werkstatt — aber durchaus nicht als ausschließliche Sprache — bedienen, gestattet niemanden, sie als Zeichner und ihr Tätigkeitsfeld als Zeichenbüro hinzustellen.

H. Wögerbauer, Berlin.

Prüfgerät für Stoßspannungen unter Öl.

DK 621.317.2.015.51

R. W. Sorensen von dem California Institut für Technologie in Pasadena hat ein Prüfgerät entwickelt, das zu Stoßspannungsversuchen in Isolierölen geeignet ist[1]). Es kam ihm dabei darauf an, ein Gerät mit einer besonderen Einführungsanordnung der an Spannung liegenden Elektrode aus einem Isoliermaterial mit einer dem Öl praktisch gleichen Dielektrizitätskonstante zu bauen, das geeignet ist, einwandfrei vergleichbare Versuchsergebnisse zu liefern. Dies sollte dadurch möglich werden, daß bei dem entwickelten Gerät im Gegensatz zu andern bekannten Prüfgeräten aus Metall oder anderen elektrischen Leitern, auch Halbleitern, die Feldverteilung in der Umgebung der Versuchselektroden möglichst wenig durch anliegende Körper verzerrt wird.

Das Gerät besteht, wie aus der Abb. 1 ersichtlich, aus zwei Zylindern, hergestellt mit lackiertem Papier, von denen der größere einen Durchmesser von 116 cm und eine Länge von 193 cm hat, während der kleinere im Durchmesser 60,3 cm mißt, bei einer Länge von 122 cm. Der größere Zylinder wurde auf eine Stahlplatte gesetzt und mit einem Stahlband fest auf eine zwischen Platte und Zylinder eingelegte Korkschicht gepreßt, so daß der Behälter öldicht wird. Um trotzdem noch jeden etwa durch Beschädigung möglichen auftretenden Ölverlust aufzufangen, steht das Prüfgerät noch in einer flachen Wanne aus Stahl, welche groß genug ist, um die gesamte beim Versuch verwandte Ölmenge aufzufangen. Der kleinere Zylinder dient als Träger der an Spannung gelegten Elektrode und gleichzeitig als Einführungsisolator. Er ist am unteren Ende durch einen Fiber- und Metallboden abgeschlossen und trägt in seinem Innern einen konzentrischen luftgefüllten Stahlzylinder, in welchem die obere Elektrode verstellbar angeordnet ist. Stahlzylinder und obere Elektrode ragen in den unteren Zylinder und gewährleisten so eine fast unverzerrte Feldverteilung. Die untere an Erdpotential liegende Elektrode ist unverstellbar. Der untere und obere Zylinder sind während der Versuche soweit mit Öl angefüllt, daß Überschläge zu den Metallteilen des Prüfgefäßes vermieden werden. Es werden Stabelektroden verwandt, die am Ende zu Halbkugeln abgerundet sind. Stabelektroden wurden dabei Kugelelektroden, die von einem Schaft getragen werden, vorgezogen, um einen feldverzerrenden Einfluß auf das elektrische Feld zwischen Kugeln auszuschalten. Die Stabelektroden können ausgewechselt werden und sind hergestellt mit Durchmessern von 0,635 cm bis 15,34 cm. Ergebnisse über Versuche, die in dem beschriebenen Prüfgerät z. Z. noch ausgeführt werden, sollen demnächst veröffentlicht werden. *Cdi.*

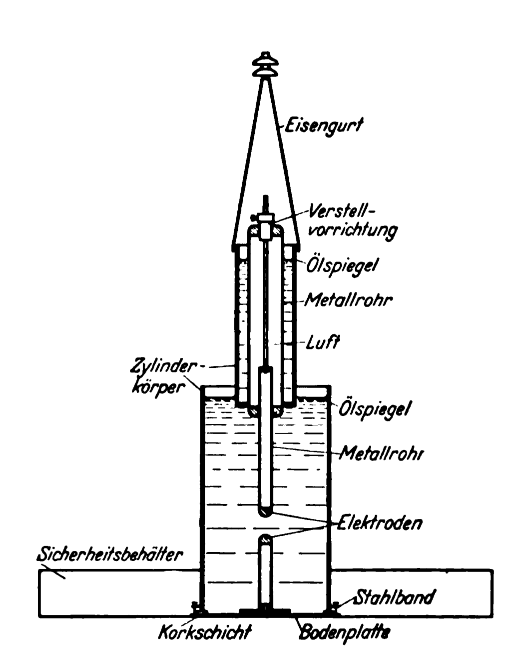


Abb. 1. Schnittzeichnung des Prüfgeräts.

[1] E. Conradi, Electr. Engng. 58 (1939) S. 15; 1 S., Abb. 1.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.311.12.025.3

Die Zukunftsaussichten für die Energieübertragung mit Wechselstrom. [Nach H. Rissik, Engineering 147 (1939) S. 33, 117 u. 227; 19 S., 10 Abb.]

H. Rissik berichtet über einen Vortrag von J. D. Ross, des technischen Beraters Roosevelts, im Ingenieurklub von Seattle, wobei Ross die Meinung vertrat, daß man für große ausgedehnte Kraftversorgungsnetze voraussichtlich zu hochgespanntem Gleichstrom greifen wird. In den V.S.Amerika wird schon seit längerer Zeit versuchsweise eine 27 km lange Gleichstromleitung von 30 kV für 5000 kW betrieben. Man ist der Ansicht, daß die Gleichstrom-Großenergieübertragung durch auf Elektronenröhren beruhenden Hilfsmitteln einen starken Auftrieb erhalten könnte. Dies besonders deshalb, weil bei langen Drehstromleitungen die zu übertragende Leistung wirtschaftlich vertretbar nicht beliebig hoch gesteigert werden kann.

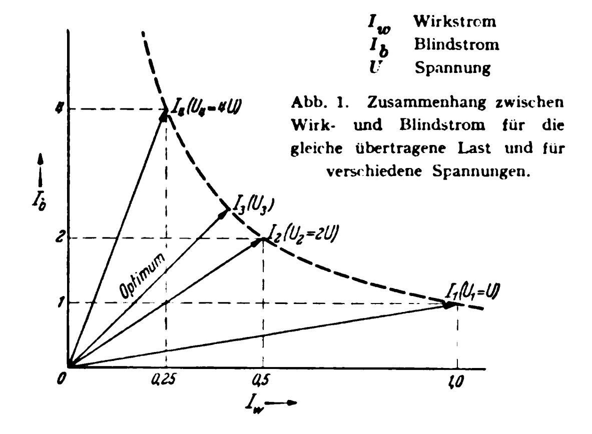


Abb. 1. Zusammenhang zwischen Wirk- und Blindstrom für die gleiche übertragene Last und für verschiedene Spannungen.

Dieses Problem hat man bis jetzt durch die Wahl höherer Spannungen gelöst, doch sind auch hier durch die Isolation Grenzen gesetzt. Die Faustregel, wonach die in bezug auf die Gestehungskosten und Leitungsverluste günstigste Spannung sich mit 1 kV/Meile (625 V/km) Leitungslänge ergibt, hat sich bei den Leitungssystemen Big Creek und Pit River (220 kV, 385 km) als unrichtig erwiesen. Die Ursache der Begrenzung der übertragbaren Leistung bildet der für die Leitung notwendige Ladestrom. Den Zusammenhang zwischen Wirkstrom I_w und Ladestrom I_b für die gleiche übertragene Leistung zeigt die folgende Überlegung. Einer Verdoppelung der Spannung U entspricht bei gleichbleibender Leistung wohl der halbe Wirkstrom I_w aber der doppelte Blindstrom I_b. Der resultierende Strom ist hierbei von I_1 auf I_2 verkleinert worden (Abb. 1).

Bei weiterer Steigerung der Spannung ergibt sich für eine bestimmte Leistung ein optimaler Wert I_3 entsprechend einer bestimmten Spannung U_3. Jede Erhöhung der Spannung über diesen Wert bringt nur eine Vergrößerung von I_b bei kleiner werdendem I_w. Eine Anpassung der Leitung an Betriebsverhältnisse, die nicht mit den optimalen übereinstimmen ist also nur durch Änderung der Leitungscharakteristik, z. B. durch Wahl eines anderen Querschnittes, möglich. Dadurch gewinnt der Ladestrom direkten Einfluß auf die Gestehungskosten der Leitung. Den Zusammenhang zwischen Leitungsverlusten und Leitungskosten gibt der „Kostspieligkeitsfaktor"

$$F = k_1 \left(\frac{D}{U}\right)^2 + k_2 \left(\frac{f\, C\, D^2\, U}{P}\right)^2 \tag{1}$$

an (k_1 k_2 Konstante, D Leitungslänge, U Spannung, P übertragene Leistung, f Frequenz, C Kapazität, je Längeneinheit). Für Gleichstrom verschwindet wegen $f = 0$, für kurze Drehstromleitungen wegen $C = 0$ der zweite Ausdruck. Dies zeigt die wirtschaftliche Überlegenheit der Gleichstrom- gegenüber der Drehstromübertragung. Der erste Ausdruck zeigt den Einfluß der Erhöhung der Spannung auf die Gestehungskosten. Die übertragbare Leistung P_{max} hängt weiter von der Stabilität ab, bzw. wird durch sie begrenzt. Aus

$$P_{max} = \frac{U_A\, U_E \sin\alpha}{X} \tag{2}$$

(U_A, U_E Spannungen am Anfang und Ende der Leitung, α Phasenwinkel zwischen U_A und U_E, X Gesamtscheinwiderstand der Übertragung) ergibt sich für den zulässigen Mittelwert von $\alpha = 35°$ für Leitung und Umspanner ohne Maschinen und $X = 0{,}437\ \Omega/\text{km} \ldots$ $P_{max} = 1{,}31\ U^2/D$ (D in km). An Hand des Boulder-Dam-Netzes werden Kostspieligkeitsfaktor und Einfluß von Spannung und Stabilität auf die übertragbare Leistung zahlenmäßig gezeigt.

Bei einem weiteren Beispiel sind Spannungs-, Strom- und Leistungsfaktorverlauf längs der Leitung für eine 960 km lange Energieübertragung von 45 MW, 200 kV, $\cos\varphi = 0{,}87$ nacheilend am Ende der Leitung verfolgt. Der Strom zeigt nach 75% der Leitungslänge ein Minimum mit 80% des Stromes am Ende, der Leistungsfaktor ist an dieser Stelle 1, am Anfang der Leitung dagegen 0,64 voreilend, entsprechend einer notwendigen Ladeleistung von 125% der übertragenen Wirkleistung. Die Spannung beträgt am Beginn der Leitung 90%, beim Strommaximum 107% der Spannung am Leitungsende. Für eine bestimmte Last, die „natürliche Last", bleiben Strom- und Spannungsverhältnisse längs der ganzen Leitung, eine ideale Übertragung ohne ohmschen Widerstand und ohne Isolationsverluste vorausgesetzt, konstant. Diese natürliche Last

$$P_n = U^2/Z_0 \tag{3}$$

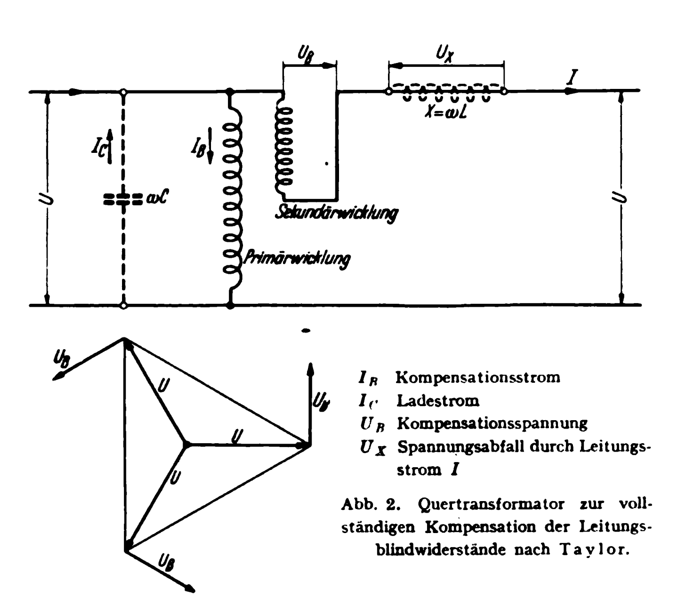
ist also spannungsabhängig, wogegen Z_0 (Scheinwiderstand gleich Wellenwiderstand der Leitung) $\approx \sqrt{\frac{L}{C}}$ stets ungefähr 400 beträgt. Der Winkel α zwischen U_A und $U_E \ldots$ ($\alpha = 2\pi f \sqrt{L\,C}\ D$) ergibt sich bei $f = 50$ Hz mit 6,44 elektr. Grad/km. Beim Leistungsfaktor 1 verhält sich eine solche ideale Leitung bei natürlicher Last wie eine Gleichstromübertragung, d. h. der Energietransport kann über beliebig lange Strecken erfolgen. Unterschreitungen der natürlichen Leistung führen zu großen Spannungserhöhungen am Leitungsende (Ferranti-Effekt). Aus den Gleichungen (2) und (3) läßt sich die Entfernung

$$D_{max} = \frac{Z_0 \sin\alpha}{2\pi f L} = 945 \sin\alpha \text{ in km}$$

bestimmen, bei der $P_{max} = P_n$ ist, also die Stabilitätsbedingung bei der natürlichen Leistung eingehalten wird. Für $\alpha = 35°$ erhält man $D_{max} = 550$ km. Die Grenze für Drehstromübertragungsentfernungen liegt also bei etwa 500 bis 600 km. Die Entfernungen zwischen den Wasserkraftzentralen im Gebirge und den Verbrauchszentren in der Ebene können, besonders in den V.S.Amerika, diese Grenze leicht überschreiten. Von dem für die Stabilität größten zulässigen Phasenwinkel zwischen EMK_A und EMK_E von 90° entfallen wie schon festgestellt, auf die Leitung einschl. Umspanner 35°, auf den Generator etwa 25° und auf den Synchronmotor etwa 30°. Die Scheinwiderstände der beiden Maschinen entsprechen einer Verlängerung der Übertragungsleitung um rd. 270%. Daraus geht hervor, daß es, um größere übertragbare Leistungen oder Leitungslängen bei Einhaltung der Stabilitätsbedingung zu erhalten, notwendig ist, Maschinen und Umspanner mit möglichst geringen Scheinwiderständen zu bauen. Der Scheinwiderstand der Leitung selbst ist proportional ihrer Länge und ließe sich nur durch Zerteilung in parallele Stränge verkleinern, was den Kostspieligkeitsfaktor erhöht. Der früher angenommene größte Phasenwinkel von 90° gilt nur für den Normalfall und wird bei Störungen überschritten, so daß eigentlich mit einem kleineren Winkel gerechnet werden müßte. Durch moderne Stoßerregungseinrichtungen mit 6000 V/s Erregungssteigerung kann allerdings das P_{max} aus (2) um 80% erhöht werden, ohne jedoch damit das Problem des stabilen Großenergietranportes über weite Entfernungen zu lösen. Die hierfür vorgeschlagenen Lösungen sind die folgenden. Das System der Unterteilung der

Digitized by Google

Leitung durch Synchronkondensatoren von F. G. Baum (1921), bei welchem sich die Stabilitätsbedingungen auf die einzelnen Teilstrecken beschränken. Durch die Synchronkondensatoren wird der induktive Leitungsblindwiderstand für die betr. Teilstrecke kompensiert. Im Gegensatz zu dieser Nebeneinanderschaltung von Kompensation und Leitungsinduktivität ist die seriekompensierte Leitung. Durch Einfügung von Kapazitäten in die einzelnen Phasenleitungen wird die Wirkung der Leitungsinduktivität aufgehoben. Die erste Anwendung solcher hintereinander geschalteter statischer Kondensatoren erfolgte 1928 bei einer 33 kV-Leitung in Ballston N. Y. Beispielsweise würde die übertragbare Leistung einer 400 km langen 110 kV-Leitung von 263 Ω induktivem Blindwiderstand einschließlich Umspanner durch Einbau einer Kapazität von 10 μF/Phase von 53 MW auf 113 MW gesteigert werden. Gegen Leitungskurzschlüsse und Durchschlag des Kondensatordielektrikums müssen eigene Schutzeinrichtungen (Kugelfunkenstrecken und Schnellschalter) vorgesehen sein. Auf dem gleichen Prinzip, jedoch mit Synchron-Motor-Generatoren, um den statischen Kondensator zu vermeiden, beruht das System von T. H. Morgan (1930). Die notwendige Blindleistung und damit die Kostspieligkeit ist bei den beiden vorgeschriebenen Prinzipien die gleiche, doch wäre die Serienkompensation vorzuziehen, da diese dem Leitungsstrom angepaßt ist. Eine weitere Lösung ist die ursprünglich 1932 von H. H. Skilling vorgeschlagene „abgestimmte" Leitung. Die Leitung soll mit der natürlichen Leistung betrieben und ein Viertel oder einhalb der natürlichen Wellenlänge (bei $f = 50$ Hz ist $\lambda = \frac{300\,000}{50} = 6000$ km) lang sein. Erst war, um auf kürzere Wellenlänge zu kommen, die Verwendung höherer Frequenzen geplant, die späteren Vorschläge (1936) sahen die fiktive Verlängerung der Leitung durch eingebaute Kapazitäten und Induktivitäten vor. Die neueste Lösung ist die von A. M. Taylor 1937 vorgeschlagene durch Quertransformatoren nach Abb. 2. Der Primärstrom I_B kompensiert den Ladestrom I_C, die Sekundärspannung U_B den Spannungsabfall U_X durch I am induktiven Blindwiderstand der Leitung. Es ist also



I_B Kompensationsstrom
I_C Ladestrom
U_B Kompensationsspannung
U_X Spannungsabfall durch Leitungsstrom I

Abb. 2. Quertransformator zur vollständigen Kompensation der Leitungsblindwiderstände nach Taylor.

$$U_B = -U_X = -j\omega L I$$

und

$$I_B = -I_C = -j\omega C U;\quad U I_B = I U_X;\quad \frac{U}{I} = \sqrt{\frac{L}{C}} = Z_0,$$

d. h. bei wirklich vollständiger Kompensation sind die Bedingungen der natürlichen Leistung gegeben. Die Verhältnisse sind an dem Beispiel einer 1600 km langen Übertragung von 1000 MW durch zwei parallele 440 kV-Leitungen mit je 5 in gleichen Abständen eingebauten Quertransformatoren gezeigt. Durch die beschriebenen Mittel kann man die kapazitiven und induktiven Blindwiderstände einer Leitung vollständig kompensieren, so daß schließlich nur der Wirkwiderstand übrig bleibt und das ganze System wie eine Gleichstromübertragung wirkt, bei der solche kostspieligen Kompensationseinrichtungen von vornherein entfallen. *Ob.*

DK 621.311 (42/43)

Der englische Kraftanlagenausbau 1938. [Nach Electr. Tms. 95 (1939) S. 81; 1½ S., 1 Abb.]

Während für 1937 die gesamte neu ausgebaute Leistung in Großbritannien mit 21 Haupteinheiten mit zusammen 766500 kW einschließlich 13750 kW Eigenbedarf angegeben wird, betrug im Berichtsjahr die gesamte neu installierte Leistung 814750 kW, worunter die vorhandenen 27 Haupteinheiten 795000 kW ausmachen[1]). Den 49 im Jahre 1937 erstellten neuen Kesseleinheiten mit einer Dampfleistung von 3850 t/h verschiedener Dampfbedingungen stehen im Jahre 1938 60 Kessel mit 5150 t/h als Neuanlagen gegenüber. Sowohl Erzeuger- als auch Dampfanlagen zeigen im Jahre 1938 ein beträchtliches Anwachsen der ausgebauten Leistungen. Die Entwicklungsrichtung bei den Dampfkraftwerken wurde meist beibehalten. Eine beachtenswerte Ausnahme bildet das EW. Brimsdown, das eine 60000 kW-Einheit für 3000 U/min und 33 kV Klemmenspannung erhielt; die zugehörige Dampferzeugeranlage arbeitet mit 141 at und 500°C. Von den 27 neu erstellten Einheiten sind 18 Stück 30000 kW-Einheiten für 3000 U/min, 8 Generatoren für 33 kV und eine Maschine für 22 kV Erzeugerspannung ausgelegt, womit sich bemerkenswerte Ansätze zur Erzeugung höherer Klemmenspannungen zeigen. Der größte im Berichtsjahr erstellte Kessel befindet sich in Harms Hall und hat eine Stundenleistung von rd. 146 t Dampf. In der Größe folgen die drei Kessel von Little Barford mit dreimal 136 t/h. Im allgemeinen bewegt sich die Entwicklungsrichtung zu großen Kesseleinheiten. Für eine stündliche Dampfmenge von rd. 91 t wurden 21 Kessel gebaut. Die Dampfdrücke zeigen keine wesentliche Veränderung; mit Ausnahme der drei Werke Brimsdown mit 141 at, Willesden mit 96,2 at und Littlebrook mit 91,4 at beträgt der Dampfdruck meist 50 at. Die Dampftemperaturen betragen bei Battersea 508°C, bei drei weiteren Werken 482°C. In zwei von den drei Fällen sind höchste Temperaturen und Drücke gleichzeitig verwendet. Dem Bericht ist eine Liste mit den Angaben über die Neuausbauten der Werke, den Größen der Einheiten und Kessel, Klemmenspannungen, Drehzahlen und Dampfbedingungen beigefügt. *Tsch.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.33.012

Vollständiges Fluß- und Stromdiagramm des Mehrphasen-Asynchronmotors. [Nach A. Blondel, Rev. gén. Électr. 45 (1939) S. 143; 7 S., 8 Abb.]

Der Verfasser hat im Jahre 1893 im Einklang mit der von Hopkinson angegebenen Theorie für den Transformator das Diagramm der Flüsse des Mehrphasen-Asynchronmotors angegeben und hierbei die Verlustkoeffizienten V_1 und V_2 eingeführt. Bezeichnet man mit Φ_1 den fiktiven Fluß, welcher die sekundäre Wicklung durchsetzt, wenn die primäre allein erregt wird, so ist der entsprechende Fluß durch die primäre Wicklung $V_1\,\Phi_1$; die sekundäre Wicklung erzeugt, wenn sie allein erregt wird, den Fluß Φ_2 durch die primäre Wicklung und den Fluß $V_2\,\Phi_2$ durch sich selbst. Es wurde seinerzeit angenommen, daß diese Betrachtungsweise zu den gleichen Ergebnissen führt wie die von Kapp zunächst für den Transformator angegebene und alsdann von Kapp und Steinmetz auf den Mehrphasen-Asynchronmotor angewendete Betrachtungsweise. Bei dieser werden in einem Ersatzschaltbild die Streuungen des primären und des sekundären Stromkreises durch zwei Streuungskoeffizienten $L_{1\sigma}$ und $L_{2\sigma}$ berücksichtigt, und die die primäre bzw. die sekundäre Wicklung durchsetzenden Flüsse erscheinen als vektorielle Summe aus dem gemeinsamen Fluß und dem der primären bzw. der sekundären Selbstinduktion entsprechenden Streufluß. In der vorliegenden Arbeit weist der Verfasser nach, daß das Verfahren nach Kapp nicht korrekt ist, da ebenso wie zwischen Strom und Spulenkopfstreuspannung auch zwischen Strom und Nutenstreuspannung Proportionalität angenommen ist, was nur bei ungesättigter Maschine richtig ist. Er korrigiert sein früher angegebenes Flußdiagramm, indem er die Verlustkoeffizienten V_1 und V_2 nur zur Erfassung der Nutenstreuflüsse verwendet, während er nach dem Verfahren von Kapp nur die Spulenkopfstreuung durch zwei Streuungskoeffizienten $L_{1\sigma_{sp}}$ und $L_{2\sigma_{sp}}$ berücksichtigt.

Als Ziffer der Gesamtstreuung ergibt sich alsdann:

$$\sigma \approx \sigma' + \frac{L_{1\sigma_{sp}}}{L'_1} + \frac{L_{2\sigma_{sp}}}{L'_2},$$

wobei $L'_1 = V_1 \cdot \Lambda_1$, $L'_2 = V_2 \cdot \Lambda_2$ und $\sigma' = 1 - \frac{1}{V_1 V_2}$ ist.

[1]) Vgl. auch ETZ 60 (1939) H. 39, S. 1145.

Digitized by Google

Aus dem Flußdiagramm, das den ohmschen Widerstand des primären Kreises vernachlässigt, wird das entsprechende Stromdiagramm abgeleitet und alsdann durch doppelte Inversion das Stromdiagramm mit Berücksichtigung des primären ohmschen Widerstandes abgeleitet. *Klt.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.316.5.064.33

Einfluß der Öffnungsgeschwindigkeit von Kontakten auf die Lichtbogenenergie beim Abschalten von Wechselstromkreisen. [Nach S. G. Eskin, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 81; 6 S., 10 Abb.]

Über den Einfluß der Öffnungsgeschwindigkeit von Kontakten in Niederspannungs-Wechselstromkreisen auf die Energie des Lichtbogens lagen bisher nur wenige Versuchsergebnisse vor. Es wurden daher unter Zuhilfenahme eines ballistischen Wattmeters und eines besonderen, motorisch angetriebenen Kontaktöffnungsgerätes derartige Messungen der Lichtbogenenergie beim Öffnen von Kontakten aus Silber mit Öffnungsstrecken in der Größenordnung weniger Hundertstel mm und Öffnungsgeschwindigkeiten von etwa 5 bis 400 mm je s ausgeführt. Die auch durch oszillographische Vergleichsmessungen bestätigten Ergebnisse dieser Versuche lassen erkennen, daß bei der Unterbrechung eines induktionsfreien Wechselstromkreises von 35 A, bei 115 V und 60 Hz die Lichtbogenenergie sich bei Verringerung der Öffnungsgeschwindigkeit der Kontakte mit dieser bis etwa 37,5 mm je s verringert, jedoch bei weiterer Verringerung der Öffnungsgeschwindigkeit wieder ansteigt. Wird die Öffnung der Kontakte mit hoher Geschwindigkeit vorgenommen, so ergibt sich eine hohe Lichtbogenenergie. Mit sehr geringen Öffnungsgeschwindigkeiten der Kontakte kann anderseits bei den in Betracht kommenden geringen Öffnungsstrecken von etwa nur 1/100 mm eine Rückzündung des Lichtbogens eintreten. Die kleinsten Werte der Lichtbogenenergie und damit auch die günstigsten elektrischen Arbeitsbedingungen für die Kontakte ergeben sich bei Öffnungsgeschwindigkeiten zwischen 25 und 100 mm je s. Bei den Versuchen zur Unterbrechung induktionsfreier Wechselstromkreise wurde ferner festgestellt, daß die von Lichtbogeneinwirkungen herrührenden Veränderungen der Kontaktoberfläche eine Verminderung der Lichtbogenenergie zur Folge haben. Neue polierte Kontaktoberflächen ergeben beim Abschalten größere Lichtbogenenergie und somit unvorteilhafte Bedingungen für die Unterbrechung. *O. N.*

DK 621.314.6 : 621.34 : 621.944

Die Entwicklung der durch Stromrichter gesteuerten Walzwerksantriebe. [Nach H. Bauer, Stahl u. Eisen 59 (1939) S. 196; 5 S., 7 Abb.]

Der ungesteuerte Stromrichter konnte zunächst den Betriebsanforderungen in den Werken der Schwerindustrie nur in geringem Maße genügen. Mit Hilfe der Gittersteuerung gelang es, einen sicheren Schutz gegen die im Gleichstromnetz auftretenden Kurzschlüsse zu finden. Gleichstrom wurde in der Hauptsache nur für Großantriebe verwendet, die weitgehend in ihrer Drehzahl geregelt werden müssen. Die weitere Verbesserung der Gittersteuerung erlaubte dann eine weitgehende Spannungsregelung des Stromrichters von rd. 0 V an bis zum normalen Wert, und dieses Verfahren wurde zunächst zum Anlassen der Motoren angewendet. Die Betriebserfahrungen waren auch bei größeren Motorleistungen durchaus günstig und zeigten die Möglichkeit auf, den Stromrichter mit seiner ruhenden Umformung in Leonard-Schaltung an Stelle von Motorgeneratoren zu verwenden. Höherer Wirkungsgrad, Wegfall der Leerlaufverluste, geringerer Platzbedarf und verminderter Werkstoffaufwand sind nur einige der Vorteile dieser neuartigen technischen Lösung. Bei Anschluß der Stromrichter an ein in der Leistung entsprechend großes Netz dürften die Nachteile des in der Spannung weitgehend geregelten Stromrichters sowie der Wegfall der Stoßdämpfung sehr wohl zu überbrücken sein. Es besteht also schon heute die Möglichkeit, an Stelle der großen Schwungradumformer für Umkehrstraßenantriebe gittergesteuerte Stromrichter aufzustellen. Die Vereinigten Oberschlesischen Hüttenwerke haben mit Unterstützung der Oberschlesischen Elektrizitätswerke zuerst einen von Hand gesteuerten Walzwerkantrieb mit 10000 PS Höchstleistung aufgestellt. Bei dieser Anlage wird die gute Steuerfähigkeit des Stromrichters beim Walzen, also unter voller Belastung, unter Beweis gestellt, und es ist sogar ein Umkehrbetrieb der Walzenstraße möglich. Die bisherigen Betriebserfahrungen mit den schwungradlosen Walzenstraßen haben die beachtlichen Vorteile der durch Stromrichter von Hand gesteuerten Antriebe unter Beweis gestellt und lassen erwarten, daß noch mehr derartige Antriebe mit größeren Leistungen gebaut werden. Leichter ist die Einhaltung des altbekannten Weges, einen Schwungradumformer aufzustellen und damit jedes Wagnis sowohl für den Besteller als auch den in einer durch das verflossene Ilgner-Patent erreichten monopolartigen Stellung befindlichen Lieferer auszuschalten und dafür die bekannten Nachteile in Kauf zu nehmen. Dabei kann nicht bestritten werden, daß die Ausnutzung und die Wirtschaftlichkeit der vorhandenen Schwungradumformerantriebe weit unter denen sonstiger neuzeitlicher Kraftanlagen liegt, so daß es gegenwärtig sogar der Dampfmaschine wieder möglich wurde, erfolgreich in den Wettbewerb beim Antrieb von Umkehrstraßen zu treten. Dem durch Stromrichter gesteuerten Großantrieb mit oder ohne Kollektor am Antriebsmotor gehört die Zukunft.

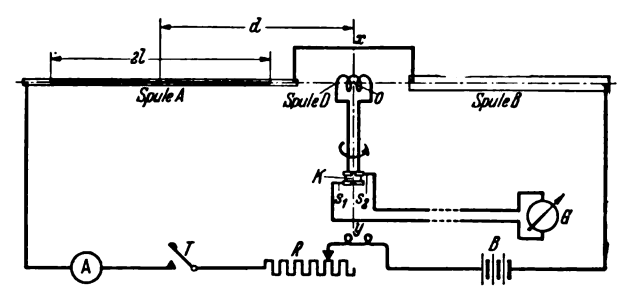
Bemerkung des Berichters: Inzwischen wurde die obengenannte Anlage durch Aufstellung eines zweiten Stromrichters zu einer Kreuzschaltung ergänzt und als Umkehrsteuerung in Betrieb genommen. Die dabei vorgenommenen Versuche und Messungen brachten sehr aufschlußreiche Ergebnisse. Der weiteren Entwicklung der angewandten stromrichtergesteuerten Antriebe, nämlich für Umkehrantriebe großer Leistung, ist damit der erfolgversprechende Weg geöffnet. *Sb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.44

Ein neues absolutes Induktions-Magnetometer. [Nach G. Filippini, Elettrotecnica 26 (1939) S. 72; 9 S., 12 Abb.]

Bei dem Magnetometer von Gauß wird bekanntlich die Kenntnis der Horizontalintensität des Erdfeldes $\mathfrak{H}_0$ vorausgesetzt. Man kann sie für den Aufstellungsort Tafeln entnehmen oder nachmessen, der Wert ist jedoch zeitlichen Änderungen nach Größe und Richtung unterworfen.



x y Achse *O* Schnittpunkt der Achsen *K* Kommutator
R Regelwiderstand S_1, S_2 Bürsten

Abb. 3. Allgemeiner Aufbau des Induktionsmagnetometers.

Das von Filippini beschriebene Induktions-Magnetometer gestattet dagegen, auf die Bestimmung des Erdfeldes ganz zu verzichten. Nach Abb. 3 sind dabei 2 Spulen *A* und *B* mit gleicher Achsenrichtung und senkrecht zum magnetischen Meridian angeordnet. Sie sind in Reihe geschaltet und mit Gleichspannung von der Batterie *B* erregt. Die Felder der Spulen sind einander entgegengerichtet und heben sich im Punkt *O* gerade auf. Die Spule *A* erhält derartige Abmessungen, daß Länge zu Durchmesser im Verhältnis von mindestens 200 bis 250 steht.

Das Prüfstück wird in diese Spule eingesetzt und stört natürlich nach der vorherigen Abgleichung jetzt das Feldgleichgewicht im Punkt *O*. Für die unmittelbare Umgebung dieses Punktes kann bei genügend großer Entfernung *d* bis zur Mitte der Spule *A* die Feldverteilung $\mathfrak{H}_1$ als gleichförmig angesehen werden. Es läßt sich einfach ableiten, daß die Intensität der Magnetisierung (magnetisches Moment) sich ergibt aus:

$$I = \mathfrak{H}_1 \frac{d^3}{4\,l\,q}\left(1 - \frac{l^2}{d^2}\right)^2 = k\,\mathfrak{H}_1,$$

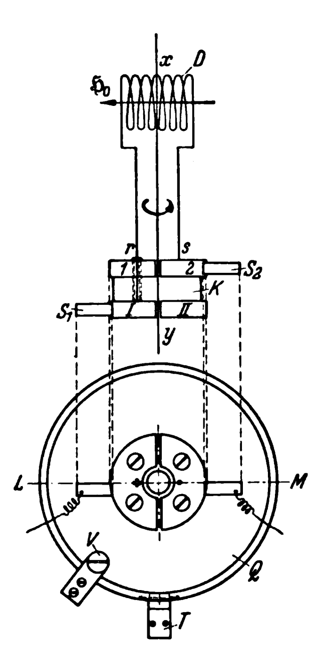
worin $2\,l$ die Länge und q der Querschnitt des Prüflings ist. Die Feldstärke der Spule *A* ergibt sich aus:

$$\mathfrak{H} = \frac{4\,\pi}{10}\,\frac{n\,i}{2\,l},$$

worin n die Windungszahl und i der Strom in der Spule *A* ist. Daraus erhält man dann $\mathfrak{B} = \mathfrak{H} + 4\,\pi\,I$, sowie die Permeabilität μ und die Suszeptibilität $\varkappa$.

Digitized by Google

Im Punkt 0 wird eine Spule D angebracht, die sich mit der Frequenz f um eine senkrechte Achse xy dreht. Bei der praktischen Ausführung wird diese Spule durch 2 Kugelkalotten aus nicht metallischem Werkstoff abgeschlossen, um den Luftwiderstand zu verringern. Die Horizontalkomponente des Erdfeldes $\mathfrak{H}_0$ und das Feld $\mathfrak{H}_1$ des Prüfstückes sind um 90° räumlich versetzt und induzieren in der Spule sinusförmige EMKe mit der gleichen Phasenverschiebung. Um den Einfluß des Erdfeldes aus der Messung auszuschalten, wird auf der Welle des Spulenantriebes ein Kommutator-Gleichrichter angebracht (Abb. 4). Die Spulenenden r und s sind nur mit den halbkreisförmigen Segmenten I und 2 verbunden. Die Segmente II und 1 bleiben unbenutzt. Die Bürsten S_1 und S_2 sind so angeordnet, daß die Richtung ihrer Flanken LM durch die Achse xy geht. Mit der Scheibe Q sind die Bürsten verdrehbar, zur Ablesung dient eine Kreisteilung mit Nonius T und Feststellschraube V. Infolge der Anordnung der Bürsten und der Kommutatorteilung wird aus jeder Periode der induzierten EMKe ein Abschnitt von 180° abgenommen. Das Galvanometer hat eine wesentlich größere Eigenschwingungsdauer als die EMKe der Spule, integriert also den zeitlichen Verlauf der herausgeschnittenen Stromkurven. Am fertigen Gerät lassen sich die Bürsten nun leicht so einstellen, daß der Mittelwert des Galvanometerstromes, der von der EMK des Erdfeldes herrührt, gleich Null wird, die Phasenverschiebung zwischen Stromeinsatz und EMK ist dann 90°. Da das Magnetometer so ausgerichtet ist, daß es senkrecht zum



S_1, S_2 Schleifbürsten
r, s Spulenenden
$1, 2, I, II$ Segmente
K Kommutator
L, M Flanken
T Nonius
V Feststellschraube
Q Scheibe.

Abb. 4. Anordnung der umlaufenden Teile des Induktionsmagnetometers.

Erdfeld steht, ergibt sich bei der erwähnten Bürstenstellung für den Mittelwert des Galvanometerstromes, der von der EMK von $\mathfrak{H}$ herrührt, ein Höchstwert

$$i_g = \frac{1}{\pi}\, i_{\max} = g\,\alpha .$$

Aus dem Galvanometerausschlag α ist abzuleiten:

$$\mathfrak{H}_1 = \frac{r}{2 f q_1 n_1}\, 10^8\, g\,\alpha = k_1\, g\,\alpha,$$

worin r der gesamte Widerstand des Spulenkreises, q_1 die Fläche und n_1 die Windungszahl der rotierenden Spule ist.

Bei Ausschaltung der Erregung der Spulen A und B läßt sich das Erdfeld leicht messen, wenn man die Bürsten um 90° gegen die vorgenannte Stellung verdreht. Die Rückwirkung des Eigenfeldes der rotierenden Spule ist vernachlässigbar. Ebenso zeigten Versuche am fertigen Gerät, daß eine Phasenverschiebung von EMK und Strom im Galvanometerkreis nicht feststellbar ist.

Zum Antrieb der Spule D dient ein reichlich bemessener Asynchronmotor, so daß sein Schlupf konstant bleibt. Gegebenenfalls ist allerdings eine Korrektur notwendig, um Frequenzschwankungen des Drehstromnetzes zu berücksichtigen. Der Abstand von der Spule ist groß (rd. 1,5 m), so daß eine magnetische Beeinflussung vernachlässigbar ist.

Zu erwähnen ist noch der allen magnetometrischen Geräten eigene Fehler durch die Rückwirkung der Probe (Entmagnetisierung). Dieser Einfluß ist jedoch unbedeutend, wenn das Längenverhältnis (Verhältnis von Länge zu Durchmesser bzw. großer zu kleiner Achse) größer als 250 bis 300 ist; es ist bei solchen Abmessungen nicht notwendig, der Probe die Form eines Drehellipsoids zu geben. Bei höheren Anforderungen wird man den Entmagnetisierungsfaktor berücksichtigen ($\mathfrak{H}_r = \mathfrak{H} - k_2 I$), besonders wenn Remanenzwerte gemessen werden sollen.

Als Anwendungsbeispiel werden Magnetisierungskurven verschiedener Werkstoffe im Vergleich mit schmiedbarem Gußeisen (American malleable cast iron) gezeigt. Die Versuchsausführung eines Gleichstromgenerators mit solchem Werkstoff brachte 38% Gewichtsersparnis[1]). *Dr. Az.*

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung[2])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juli 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden den Systemen [165] bzw. [166] bzw. [194] folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu den Systemen [165] bzw. [166] bzw. [194], die Formen D 15 bzw. D 16 bzw. D 17 mit Nebenformen, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom, hergestellt von den Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 8. Juli 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

In Vertretung

Kösters

DK 621.317.785

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung[3])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden dem System [172] folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System [172], die Formen EFkl*SP, EF3kl*SP, EFkl*tSP, EF3kl*tSP, EFkl*SPv, EF3kl*SPv, EFkl*tSPv, EF3kl*tSPv, EFkl*SPz, EF3kl*SPz, EFkl*tSPz und EF3kl*tSPz, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 18. Juli 1939.

DK 621.314.222.3

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung[4])

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden dem System [41] folgende Spannungswandlerformen als Zusatz eingereiht:

Zusatz zu System [41], die Formen BCOU 10/0,5, BFCOU 10/0,5, BCOU 20/0,5, BFCOU 20/0,5, BCOU 30/0,5 und BFCOU 30/0,5, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Koch u. Sterzel Aktiengesellschaft in Dresden.

Berlin-Charlottenburg, den 31. Juli 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Mit der Wahrnehmung der Geschäfte beauftragt:

A. Esau.

[1]) G. Filippini, Industr. mecc. Juniheft 1938.
[2]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1328. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.
[3]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1342. Zentralblatt für das Deutsche Reich, Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.
[4]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1351. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

Digitized by Google

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.813 : 621.315.054.3

Über die Verzerrungsdämpfung in pupinisierten Kabeln. [Nach G. J. Levenbach und H. van de Weg, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 84; 6½ S., 6 Abb.]

Bei der Trägerwellentelephonie muß bekanntlich die Grenzfrequenz der benutzten Kabel hinreichend hoch sein. Dies bedeutet aber, daß hier nur Pupinspulen mit sehr geringer Induktivität verwendet werden dürfen. Ausreichend kleine Werte würde man z. B. durch Luftspulen erhalten. Diese müßten dann aber räumlich ziemlich groß gebaut werden, wodurch eine Grenze gesetzt ist. Infolgedessen ist man also gezwungen, zu Spulen mit Eisenkernen zu greifen. Hierdurch wird in dem betreffenden Kabelsystem eine nichtlineare Verzerrung hervorgerufen. Im Gegensatz zur Luftspule ist bei der letzteren der Streukoeffizient bedeutend geringer. Allerdings ist bei der nichtlinearen Verzerrung ebenfalls eine obere Grenze gesetzt. Es sei zunächst bemerkt, daß die als Verzerrungsprodukte entstandenen Harmonischen nicht als ein Störgeräusch, sondern bei der Übertragung mehrerer Frequenzbänder in ein benachbartes Band gelangen können, und so als eine Nebensprecherscheinung auftreten. Man sieht also, daß die Trägerwellentelephonie gegenüber nichtlinearen Verzerrungen empfindlicher als die Niederfrequenztelephonie ist.

K Kunstkabel von 20 Spulenfeldern; m m-Zellen; D Dämpfungsglieder; L Tiefpaß für 300 bis 2700 Hz; B Bandpaß für 3300 bis 5700 Hz; D_c feste Dämpfung von 40 db = ≈ 5 N; D_v veränderliches Dämpfungsglied; V Spannungsmesser

Abb. 5. Anordnung zur Messung der Verzerrungsdämpfung eines Kabels.

Wenn durch eine Pupinspule ein Strom hindurch geschickt wird, dessen Amplitude sinusförmig ist, so entstehen durch die Induktion $\mathfrak{B}$, welche eine nichtlineare Funktion der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}$ ist, Oberwellen ungerader Ordnung, weil die mit der geraden Ordnungszahl infolge der Symmetrie der Hysteresisschleife herausfallen. Von den ungeraden Vielfachen ist nur noch schließlich die dritte Harmonische ausschlaggebend, welche man mit einer Fourieranalyse aus der Hysteresiskurve ermitteln kann. Auf diese Weise läßt sich die EMK der dritten Harmonischen durch die Gleichung

$$E_3 = \frac{3}{5} R_h I_1 \qquad (1)$$

angeben, worin R_h den Hysteresiswiderstand und I_1 den Strom der Grundwelle bedeuten. R_h läßt sich leicht aus

$$R_h = K f L^{3/2} I_1 \qquad (2)$$

berechnen. In Gl. (2) ist K eine Spulenkonstante, f die Frequenz und L die Induktivität der Spule.

Beim Übergang von einer solchen Spule auf ein pupinisiertes Kabel darf man jede einzelne Spule der gesamten Kabelstrecke als einen Generator für die dritte Harmonische auffassen, und demzufolge nimmt die Verzerrung auf dem Kabel von Spule zu Spule ab, weil mit jeder Spule die Dämpfung anwächst. Fragt man nun nach der Verzerrungsgröße am Ende des Kabels, so führt die theoretische Betrachtung auf die sogenannte Verzerrungsdämpfung, welche durch die Beziehung

$$a_h = \ln \left| \frac{10\, a\, Z}{3\, R_{h_1}} \right| \quad \text{in Neper} \qquad (3)$$

gegeben ist. In der Gleichung ist a die Dämpfung jedes einzelnen Spulenfeldes, Z der Wellenwiderstand und R_{h_1} der Hysteresiswiderstand der ersten Spule.

Da bei der Herleitung dieser Formel für die Verzerrungsdämpfung ein unendlich langes Kabel angenommen wurde, und durch weitere Vereinfachungen im Bezug auf die Phasenverschiebungen die Lage nur ungünstiger wird, so ist daraus zu entnehmen, daß in allen praktischen Fällen die Verzerrung geringer ist als der berechnete theoretische Wert. Da fernerhin die Verzerrung mit zunehmender Dämpfung abnimmt, könnte man diese z. B. durch einen kleineren Aderdurchmesser vergrößern, was aber nur in einem beschränkten Maße möglich ist.

In erster Linie aber ist die Verzerrung wesentlich vom Widerstande R_{h_1} abhängig. Für diesen muß der Sendepegel umso höher gelegt werden, je kleiner der Hysteresisfaktor ist, der durch die CCIF-Bestimmungen festgelegt ist. Dieser beträgt z. B. für ein 1+1-System maximal 6 $\Omega/H^{3/2}$.

Die eben angeführten Ergebnisse theoretischer Überlegungen wurden unter der Annahme einer sinusförmigen Spannung gewonnen. Sind in einem Signal aber mehrere Frequenzen vorhanden, ja handelt es sich um Sprechströme, so ist die theoretische Behandlung sehr schwierig, und man beschränkt sich jetzt nur auf die Messung der Verzerrungsdämpfung. Ergebnisse solcher Messungen an einem Kunstkabel (Aderdurchmesser 1,3 mm) und einer Pupinspule mit 22 mH Belastung werden von Levenbach und van de Weg mitgeteilt. Der Niederfrequenzkanal enthält hier die Frequenzen 300 bis 2700 Hz und der Trägerstromkanal die Frequenzen 3300 bis 5700 Hz.

Die gewählte Meßanordnung ist aus Abb. 5 zu erkennen. Das Verfahren besteht aus einer Vergleichsmessung zwischen dem Niederfrequenz- und Trägerfrequenzkanal. Der Unterschied beider Messungen stellt die Verzerrungsdämpfung dar. Beim Aufbau der Apparatur wurde sorgfältig auf die Abschlüsse am Kunstkabel geachtet, wie die verschiedenen Dämpfungsglieder in Abb. 5 zeigen. So sind alle schädlichen Reflexionen peinlichst vermieden worden. Auch die beiden Filter sind sorgfältig aufgebaut, und die Spulen derselben haben keinen Eisenkern, wodurch vermieden wird, daß hier schon dritte Harmonische entstehen.

Die in der Arbeit angeführten Messungen sind graphisch dargestellt und bestätigen das theoretische Ergebnis. *Hsr.*

Physik.

DK 537.527 : 621.327.312

Temperaturverteilung in der Hochdruck-Hg-Entladung. [Nach W. Elenbaas, Gen. Electr. Rev. 30 (1927) S. 345; 4½ S., 6 Abb.]

In zwei früheren Arbeiten von Adams und Barnes wird angegeben, daß die Temperaturverteilung in einer Hg-Hochdruckentladung über den ganzen Querschnitt konstant sei. Elenbaas zeigt an Hand von verschiedenen Argumenten, daß die Temperatur nach beiden Seiten stetig abfällt, mit dem Maximum in der Entladungsachse. Er schließt dies aus den verschiedenen Intensitätsverhältnissen von Spektrallinien am Rande und in der Mitte der Entladung. Die Langmuirschicht, die von Adams und Barnes zur Erklärung herangezogen wurde, kann seiner Meinung nach nicht auf Kapillarentladungen angewendet werden. Weiter bestätigen die Wärmeströmungen innerhalb der Lampen und die Energiebilanz den von Elenbaas angegebenen Verlauf. *I. K.*

DK 538.56

Allgemeine Resonanzkurven für Schwingungskreise mit Verlusten. [Nach A. Ferrari-Toniolo, Ist. El. Naz. Gal. Ferraris, No. 46; 18 S., 7 Abb.]

Vom Verfasser werden eine Reihe von sehr allgemeinen Kurven angegeben, die gestatten, durch Änderung der Frequenz oder der Kapazität die einzelnen Komponenten der Impedanz eines Kreises zu bestimmen, der aus einer mit Verlusten behafteten Selbstinduktion sowie einer Parallelkapazität besteht. Ferner werden die Minimalwerte für den Gütegrad Q angegeben, oberhalb welcher man, mit einem Fehler unter 1%, mit den Daten für ideale Resonanz rechnen kann. Die strenge Behandlung, die vom Verfasser außerdem durchgeführt wird, braucht demnach nur in solchen Fällen angewendet zu werden, in welchen entweder die Q-Werte sehr klein sind oder sehr genaue Ergebnisse verlangt werden. Diese Berechnung ist jedoch auch deswegen von Interesse, weil sie zeigt, wann der tatsächlich vorkommende Fall von dem Idealfall abzuweichen beginnt. *Bmk.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 621.315.616

Ein neuer Kunststoff — eine neue Preßmasse. [Nach Kunststoff-Techn. u. -Anw. 9 (1939) S. 95; 1 S.]

Die bisherigen Kunststoffe beruhen entweder auf Zellulose, Phenolen oder Kresolen, Harnstoffen und Anilin- sowie Akrylharzen als Rohstoffe. Neuerdings wird aus Melamin, das chemisch als Cyanurtriamid anzusehen ist, als Ausgangsstoff Melaminharz gewonnen, das mit Faserstoffen gemischt schnellhärtende Preßmassen ergibt. Während die bisher verwendeten Harnstoffe Kohlensäure-Diamide darstellen und ihre Moleküle zwei NH_2-Gruppen enthalten, besitzt jedes Melaminmolekül drei Gruppen NH_2. Die Melaminharz-Preßmasse hat den Namen „Ultrapas", das als staubförmiges Pulver mit verschieden hohem Fließvermögen meist in Tablettenform verarbeitet wird. Wegen der chemischen Neutralität brauchen die Stahlformen nicht aus besonderen Legierungen zu bestehen. Bei mittleren Teilen beträgt der Preßdruck etwa 300 kg/cm²; die Härtetemperatur liegt zwischen 130 bis 165° C. Die Preßtechnik ist ähnlich wie bei Harnstoff-Preßmassen. Bei dünnen und hochwandigen Gegenständen empfiehlt sich ausreichendes Vorwärmen. Die Preßteile aus Ultrapas besitzen hohe Festigkeit gegen trockene Wärme, heißes Wasser und heiße Getränke; sie sind geruch- und geschmackfrei. Gegen schwache Laugen und Säuren ist der neue Kunststoff ziemlich beständig, organische Lösungsmittel greifen ihn nicht an. Deshalb ist er für Behälter zum Aufbewahren von Lebensmitteln gut geeignet. Seine gute Kriechstromfestigkeit ermöglicht die Verwendung von Ultrapas als Träger spannungführender Teile in der Starkstromtechnik. Die Wichtezahl ist etwa 1,55, die Schlagbiegefestigkeit liegt um 8,0 cmkg/cm², die Zerreißfestigkeit um 500 kg/cm². Die Wasseraufnahme ist nach viertägigem Einlagern gering. Der innere elektrische Widerstand beträgt 10^3 bis $10^4\,\Omega$ und nimmt bei Wassereinlagerung wenig ab. Der Oberflächenwiderstand liegt etwas höher. Die Dielektrizitätskonstante ist etwa 6, die Durchschlagsfestigkeit bei 2 mm starken Platten unter Öl etwa 10 kV/mm. Die Wärmefestigkeit nach Martens beträgt 135° C. Die Kriechstromfestigkeit ist gut und die Brennbarkeit gering, so daß sich für diesen neuen Werkstoff weite Anwendungsmöglichkeiten ergeben dürften. *Tsch.*

Verschiedenes.

DK 537.362 : 628.16

Elektro-osmotische Wasserreinigung. [Nach H. Okuno Res. electrotechn. Lab. Minist. Comm., Tokio (1938) Nr. 417; 123 S., 40 Abb.]

Unter den Möglichkeiten zur Wasserreinigung haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten auch die elektro-osmotischen Verfahren eine beachtenswerte Stellung erobert. Dies gilt für die Reinigung des Wassers für die verschiedenen Zwecke der Industrie sowie für physikalische und chemische Zwecke und andere mehr. Der japanische Verfasser hat sich bemüht, in seiner Arbeit einen zusammenfassenden Überblick über dieses Gebiet und insbesondere auch über dessen wissenschaftliche Grundlagen zu geben, wobei die Einschaltung der Ergebnisse eigener wissenschaftlicher Versuche einen breiteren Raum einnimmt. Vor der Behandlung des Hauptzieles seiner Arbeit gibt der Verfasser zunächst einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden Theorien der elektro-osmotischen Wasserreinigung und über die Geräte zur Durchführung des Verfahrens. Im Hauptteil seiner Arbeit behandelt dann der Verfasser umfangreichere Versuche und deren Ergebnisse zur Schaffung eines eigenen, von ihm entwickelten Apparates und schließt dann noch einen Überblick über die verschiedenen Verfahren der Wasserreinigung an. Insbesondere bemüht sich H. Okuno darzulegen, daß es nach seiner Ansicht bei Anwendung geeigneter Verfahren gelingen soll, ein Wasser von irgendeiner gewünschten Reinheit zu erzeugen. Eine Übersicht über 52 der wichtigsten Arbeiten aus dem vorhandenen Schrifttum schließt sich an, wobei neben den eigenen Veröffentlichungen des Verfassers besonders die deutschen und englischen Arbeiten berücksichtigt sind.

Der Abschnitt über die allgemeinen theoretischen Grundlagen dieses elektro-osmotischen Verfahrens beginnt mit der Behandlung der Werkstoffe und des Verhaltens der verschiedensten für diesen Zweck versuchten Diaphragmen sowie der Elektrodenfrage. An Hand mathematischer Betrachtungen wird dann der Mechanismus des Verfahrens ausführlich veranschaulicht. Im folgenden Abschnitt werden vorwiegend die Ergebnisse der eigenen Versuche des Verfassers zur Schaffung einer von ihm entwickelten Apparatur dargelegt. Dann folgt ein Überblick über die Verwendungsmöglichkeiten des elektroosmotisch gereinigten Wassers, beispielsweise im Rahmen der Trinkwasserversorgung und an Stelle des sonst üblichen destillierten Wassers, z. B. zum Nachfüllen elektrischer Batterien sowie zum Gebrauche bei chemischen Analysen, ferner die Verwendung als Kühlwasser für elektrische Zwecke, z. B. bei Quecksilberdampfgleichrichtern, der Gebrauch bei der Gewinnung gewisser chemischer Erzeugnisse und bei sonstigen Zwecken. Ein folgender Abschnitt enthält einen Überblick über die verschiedenen Betriebsfragen einschlägiger Anlagen zur Durchführung dieses Reinigungsverfahrens, z. B. vom Standpunkte der Betriebskosten, der Beziehungen zwischen Badspannung, Wasserreinheit und Energiekosten, und eine Reihe besonderer Gesichtspunkte, darunter die Behandlung besonders schlechter Wässer.

Der Verfasser macht dann Vorschläge für Geräte großer Leistung und für die Behandlung salzreicher Wässer verschiedenster Art. Eine Übersicht über die für die verschiedenen Zwecke erforderliche Wasserreinheit schließt sich an.

Die Arbeit ist durch eine große Anzahl von Tafeln über die vom Verfasser durchgeführten Laboratoriumsversuche erläutert. Diese sollen die Grundlage gewisser neuer vom Verfasser vorgeschlagener Wege bilden. Die ausführliche Erörterung dieser Versuche würde an dieser Stelle zu weit führen, zumal es sich vorwiegend um Versuche im Laboratorium handelt, deren Bewährung durch die Praxis noch erwiesen werden muß. *Egr.*

AUS LETZTER ZEIT.

Verordnung über die verbindliche Einführung von Normen, Geschäfts- und Lieferbedingungen sowie von Güte- und Bezeichnungsvorschriften vom 8. 9. 1939 (Reichsgesetzblatt Teil I, Nr. 175 vom 13. 9. 1939, S. 1745).

Auf Grund der Verordnung zur Durchführung des Vierjahresplans vom 18. Oktober 1936 (Reichsgesetzbl. I, S. 887) wird verordnet:

§ 1.

Der Reichswirtschaftsminister wird ermächtigt, die Verbindlichkeit von Normen, Geschäfts- und Lieferbedingungen, Güte- und Bezeichnungsvorschriften sowie von ähnlichen Vorschriften für die gewerbliche Wirtschaft oder einzelne Wirtschaftszweige anzuordnen. Er kann, soweit erforderlich, Ausnahmen von diesen Anordnungen zulassen.

§ 2.

Der Reichswirtschaftsminister kann die nach § 1 zustehenden Befugnisse auf andere Stellen übertragen.

§ 3.

Zuwiderhandlungen gegen Anordnungen, die auf Grund dieser Verordnung erlassen sind, werden nach den Vorschriften der Zweiten Verordnung zur Durchführung des Vierjahresplans vom 5. November 1936 (Reichsgesetzbl. I, S. 936) bestraft.

Berlin, den 8. September 1939.

Der Beauftragte für den Vierjahresplan
Göring
Generalfeldmarschall

Gutes Licht — gute Arbeit; grundsätzliche Forderung auch bei Luftschutzverdunklung. — Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (DLTG) im NS.-Bund Deutscher Technik ruft alle Fachgenossen auf, mitzuhelfen, die Möglichkeiten der mechanischen Verdunklung, also durch lichtdichten Abschluß der Fenster, und der lichttechnischen Verdunklung in den Fällen, in denen diese nicht möglich ist, voll auszuschöpfen. Um allen Volksgenossen Gelegenheit zu geben, sich fachlich beraten zu lassen, sind außerdem vom Hauptausschuß „Gutes Licht" beim Amt „Schönheit der Arbeit" der DAF die in allen Gauen Großdeutschlands bestehenden Beratungsstellen „Gutes Licht" angewiesen worden, sich insbesondere dieser vordringlichen Aufgabe zu unterziehen. Die Beratungen geschehen vollkommen kostenlos.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Sonderdrucke von neuen VDE-Arbeiten.

Bei der ETZ-Verlag GmbH. (Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus) sind nunmehr die Sonderdrucke der folgenden neuen VDE-Arbeiten zu den dabei genannten Preisen erhältlich:

	RM
VDE 0250Uc/IV. 39 „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen", 4. Änderung, gültig ab 1. Mai 1939	0,10
VDE 0250Ud/VI. 39 dto., 5. Änderung, gültig ab 6. Juli 1939	0,10
VDE 0270U/VI. 39 „Umstell-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV", gültig ab 21. Juli 1939	0,30
VDE 0605/VI. 39 „Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen", gültig ab 1. Januar 1940	0,10
VDE 0635/VI. 39 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A", gültig ab 1. Januar 1940	0,40
VDE 0809/V. 39 „Vorschriften für Kraftfahrzeug-Anlaß- und -Beleuchtungsbatterien", gültig ab 1. August 1939	0,10
VDE 0880/VII. 39 „Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen", gültig ab 17. August 1939	0,10
VDE 0010/IV. 39 „Verzeichnis der DIN VDE-Normblätter"	0,40

Bekanntmachung.

Ausschuß für Isolierstoffe.

Der Ausschuß für Isolierstoffe hat durch seinen Unterausschuß „Begriffserklärungen und Prüfverfahren" eine Neubearbeitung von

VDE 0303 „Leitsätze für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen"

vornehmen lassen, die als Entwurf in ETZ 60 (1939) S. 1155 veröffentlicht ist. Dieser Entwurf soll VDE 0302/1924, B. Elektrische Prüfung, sowie VDE 0303/1929 ersetzen.

Begründete Einsprüche sind bis zum 10. November bei der Geschäftstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Sitzungskalender.

Fachgruppe Energiewissenschaft. Gauwaltung Wien. 4. 10. (Mi), 18^{00}, Haus der Technik, Eschenbachgasse 9: „Die zunehmende Bedeutung des Kurzschlußproblems bei wachsender Energiedichte" (m. Lichtb.). Dr.-Ing. W. v. Mangoldt VDE.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

A. Marx †. — Am 29. August starb im Alter von 64 Jahren der Geschäftsführer in der Fachgruppe Energiewissenschaft im NSBDT. Gau Wien, Herr Oberbaurat i. R. Dipl.-Ing. Anton Marx. Nach seinem Studium an der T. H. Wien war er bei den Siemens-Schuckertwerken und bei der Nordbahn tätig, um dann ins Eisenbahnministerium einzutreten, dem Marx von 1909 bis 1926 angehörte. Von diesem Zeitpunkt ab übernahm der jetzt Dahingeschiedene die Geschäftsführung des damaligen Wiener Elektrotechnischen Vereins und führte dank seiner hervorragenden Kenntnisse und reichen Erfahrungen den Verein zu seiner anerkannten Höhe. Gleichzeitig leitete Marx bis Ende 1938 die Verwaltung der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau". Alle, die ihn kannten und die mit ihm zusammen arbeiten durften, werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

A. Buch. — Herr Dipl.-Ing. Alfred Buch, Berlin, ist beauftragt worden, in der Fakultät für Maschinenwesen, Abteilung für Elektrotechnik, der T. H. Braunschweig die gesamte Energiewirtschaft in Vorlesungen und Übungen zu vertreten.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.352.3

Die Depolarisation im Leclanché-Element. Von Dr. C. Drotschmann. Mit 12 Abb. u. 80 S. im Format A 5. Verlag Dr. H. Eschenhagen, Ohlau i. Schles. 1939. Preis geh. 5,90 RM.

Nachdem der Begriff Polarisation umgrenzt ist, wird der Aufbau der Trockenelemente beschrieben. Es folgen ausführliche Darlegungen über die Wirkung des Braunsteins als Depolarisator, bei denen sich Verf. vornehmlich auf eigene Untersuchungen stützt. Sehr wichtig sind ihm bei der Wirkung verschiedener Sorten von natürlichem und künstlichem Braunstein die Löslichkeit im Elektrolyten, die Größe der wirksamen Oberfläche, das Adsorptionsvermögen, der Hydratationsgrad des Mangandioxyds und die Porosität der aus Braunstein, Graphit und Ruß zusammengesetzten Puppen. Er schließt sich der Ansicht von Kächele an, daß Chlor, welches durch Umsetzung des Mangandioxyds mit dem Elektrolyten Chlorammonium (unter Zwischenbildung von $MnCl_4$) frei wird, der tatsächliche Depolarisator ist. Zum Schluß gibt er Röntgenbeugungsbilder von 5 Arten natürlichen und Kunstbraunsteins. Die Schrift regt zu weiteren Forschungen an, weil manche Beobachtungen des Verfassers sich auch anders deuten lassen.

K. Arndt VDE.

DK 620.1

Technologie der Maschinenbaustoffe. Von Prof. Dr.-Ing. P. Schimpke. 7. Aufl. Mit 212 Abb., 3 Taf., XII u. 305 S. im Format B 5. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1939. Preis geh. 10,80 RM, geb. 12 RM.

Das Werk ist vorwiegend für Studierende bestimmt. Darüber hinaus ist es Ingenieuren aller Fachrichtungen zu empfehlen, die sich die Grundkenntnisse über die verschiedenen Werkstoffe, ihre Herstellung und Verarbeitungsverfahren aneignen wollen.

Im 1. Teil „Werkstoffkunde" werden ausgehend von der Roheisenerzeugung im Hochofen die verschiedenen Verfahren und Anlagen der Stahlherstellung besprochen. Auf die Eigenschaften der Stähle, Zusammensetzung, Wärmebehandlung, Oberflächenschutz, Gefüge wird insbesondere bei den legierten Stählen nur kurz eingegangen. Weiterhin wird berichtet über die Gewinnung der Nichteisenmetalle und ihre wichtigsten Legierungen, über nichtmetallische Werkstoffe (Holz, Steine, Leder, Gummi, Kunststoffe) und über Schmiermittel.

Der 2. Teil „Werkstoffprüfung" konnte im Rahmen dieses Buches nur in großen Zügen gebracht werden. Zur genaueren Unterrichtung wird auf das Schrifttum verwiesen.

Digitized by Google

Das 3. Kapitel „Werkstoffverarbeitung" stellt den Hauptteil des Buches dar. Zunächst werden die Einrichtungen der Gießerei besprochen, Modellschreinerei, Formerei, Schmelzöfen, Gattierung, Putzerei. Die wesentlichen Eigenschaften von Grauguß, Stahlguß, Temperguß, Nichteisenmetallguß, Spritzguß, Schleuderguß werden behandelt, sowie Fehlermöglichkeiten beim Guß. Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit der Warmformgebung der Metalle durch Schmieden und Walzen. Die verschiedenen Schmiedehämmer, Pressen und Walzstraßen sowie die Vorgänge bei der Warmverarbeitung werden gebracht. Anschließend folgt die Kaltformgebung durch Walzen und Ziehen. Dann werden noch die Verbindungsarbeiten durch Löten, Nieten und Schweißen besprochen. Das Buch schließt mit einer interessanten Zusammenstellung wirtschaftlicher Daten. A. Thum.

DK 541

Einführung in die Chemie für Studierende technischer Berufe. Von Prof. Dr. Julius Meyer. Mit 13 Abb., VIII u. 248 S. im Format 155 × 225 mm. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1939. Preis geb. 7,80 RM.

Im Zeichen des Vierjahresplanes gönnt der Verfasser der reinen Wissenschaft weniger Raum und behandelt statt dessen in besonderen Abschnitten einige technisch wichtige Sondergebiete der Chemie: Verbrennung und Heizung, Schadenfeuer, chemische Kampfstoffe, Explosivstoffe, Treib- und Schmiermittel, Baustoffe. In Kürze hebt er hier das für die Praxis Wesentlichste heraus.

Indessen wird auch dem Praktiker die Einleitung (S. 1 bis 44) „Allgemeine Chemie" willkommen sein, die ihm einen guten Überblick über die theoretischen Anschauungen gibt, z. B. über Bindungskräfte, über die Riesenmoleküle des Kautschuks mit ihren zickzackförmig verketteten Kohlenstoffatomen (daher die Elastizität!), über Kristallgitter und Gitterkonstanten. Auch die spätere (S. 148 bis 151) Schilderung des Atombaus sei lobend erwähnt.

Hie und da sind technische Angaben veraltet. Diese Einzelheiten werden wohl in der hoffentlich bald folgenden neuen Auflage berichtigt sein. Dem aufmerksamen Leser bietet das erfreulich wohlfeile Buch viel Gutes.

K. Arndt VDE.

DK 621.357.5

Herstellung hochwertiger Metallüberzüge. Lehr-, Hand- und Nachschlagebuch. Bearb. von W. Eckardt und O. Krämer. Mit 12 Tab. u. 149 S. im Format A 5. Verlag Eugen G. Leuze, Leipzig 1939. Preis kart. 4,50 RM.

Das Buch soll den Fachleuten sagen, worauf etwa eintretende Fehler beruhen und wie sie zu beseitigen sind. Die Verfasser haben Auszüge aus wissenschaftlichen und technischen Veröffentlichungen geschickt zusammengestellt. Leider wird in vielen Fällen wohl der Name des Verfassers, nicht aber der Fundort genannt, so daß ein Nachlesen der angezogenen Arbeiten schwierig wird. Nach einer allgemeinen Einleitung über die Wirkung von Verunreinigungen und von Glänzmitteln werden das Beizen, Entfetten, das Verzinken, Verkupfern, Vernickeln, Verchromen usw. behandelt. Danach sind 15 Seiten den Fehlern und ihrer Abstellung gewidmet. Mit Recht wird betont, daß es nicht so sehr auf die Dicke, sondern auf die Porenfreiheit eines gegen Verrosten schützenden Überzuges ankommt und daß auf genügende Reinheit der Anoden zu achten ist. Ein weiterer Abschnitt gibt Anleitung zur chemischen Prüfung der Bäder. Den Schluß bilden Zahlentafeln für die maßanalytische Bestimmung von Chlorid, Silber, Salz- und Schwefelsäure, ferner für Gewicht und Dicke von Metallniederschlägen je Strommenge auf den dm². Seinen Zweck als Nachschlagebuch erfüllt es. K. Arndt VDE.

DK 347.771

Die Wahrheit der Erfindung. Technische, privatrechtl. und öffentlich-rechtl. Wirklichkeit bei der Fassung und Auslegung von Patenten. Von Rechtsanwalt Dr. jur. S. von der Trenck. (Bd. 5 der „Beiträge zum Patent-, Marken- und Wettbewerbsrecht. Herausg. von Dr. G. Benkard u. Dr. K. Bußmann.) Mit XXVII u. 404 S. im Format 165 × 245 mm. Albert Limbach Verlag, Berlin-Wien 1939. Preis geh. 21,60 RM.

Ein tiefschürfendes Werk von rechtsphilosophischem Charakter. Eine Anzahl Stichworte seien hier angeführt: Erfindungswahrheit und Erfindungswirklichkeit, Identität der Erfindung mit sich selbst, Wort und Sache, Positivismus, Istpatent und Sollpatent, wortmäßige und immanente Offenbarung, Idee und Anschauung, drei Wirklichkeiten u. a.

Die umfangreiche Arbeit hat zum Ziel die Aufdeckung der vielfachen Schwierigkeiten und Zweifel, welche sich aus der Tatsache ergeben, daß Patente vom Patentamt erteilt, d. h. nach ihrem „Gegenstand" festgestellt werden, daß aber ihr „Schutzumfang" dem Urteil der ordentlichen Gerichte unterliegt. Der alte Streit, ob und inwiefern „Gegenstand" und „Schutzumfang" voneinander abweichen können, findet eingehende Betrachtung unter Herausstellung der Auffassungen von der Patentanmeldung an bis zur Rechtsprechung des Reichsgerichts. Großen Wert legt der Verfasser darauf, daß der vom Patentamt festgestellte „Gegenstand der Erfindung" von den den „Schutzumfang" beurteilenden Gerichten angemessen zu beachten sei. Mängel in der Schutzabgrenzung seien von letzteren zu beseitigen.

Im ganzen erscheint die Arbeit als ein Schritt vorwärts in der Erkenntnis der Ursachen der Rechtsunsicherheit im Patentwesen. Wenn sie auch keine Lösung dieser brennenden Frage bringt, so ist sie doch ein hochanzuerkennender Beitrag zu dem Wege nach diesem Ziel. A. Ackermann VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten.]

Bücher.

DK 621.3 : 629.135

Elektrische Flugzeugausrüstung. Von Dipl.-Ing. B. Klinker. (Luftfahrt-Lehrbücherei Bd. 5.) Mit 150 Abb., 4 Tafeln u. 147 S. im Format A 5. Verlag Dr. M. Matthiesen & Co., Berlin 1938. Preis kart. 3,80 RM.

[Der Verfasser bringt als einer der besten Sachkenner dieses Gebietes eine ausführliche Darstellung der in Deutschland gebräuchlichen elektrischen Flugzeugausrüstung, mit Ausnahme der Fernmeldeanlagen. Die Fachwelt ist ihm für diese erstmalige Arbeit sehr zu Dank verpflichtet.] *Vn.*

DK 621.396

Funk-Meßtechnik für Radio-Bastler und Techniker. Von Ing. K. Nentwig. 4. verbess. Aufl. Mit 157 Abb., 6 Tafeln, 6 Tabellen, 5 Nomogrammen u. 195 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1939. Preis kart. 3,60 RM, geb. 4,80 RM.

[Der Verf. hat, ohne den Aufbau zu ändern, überall die letzten Fortschritte der Funk- und Meßtechnik nachgetragen.] *Mbt.*

DK 621.396

Das große Radio-Bastelbuch und Rundfunk-Praktikum. Unter Mitarb. hervorragender Fachleute herausgeg. v. O. Kappelmayer u. J. Schneider. 16. erweit. Aufl. Mit 222 Abb., 40 Tafeln u. Tabellen u. 306 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1939. Preis kart. 5,50 RM, geb. 6,80 RM.

[An neuem Stoff bringt es gegenüber der letzten Auflage u. a. Schaltungen mit Stahlröhren, die Gegenkopplung zur Klangverbesserung, die Druckknopfabstimmung; es bringt ausführlich die Empfängerschaltungen und schalttechnische Verbesserungen an älteren Geräten, Lautsprecher, Baustoffe und Stromquellen, Anleitungen zum Messen und Prüfen, Winke für den Bastler, die Werkstatt, den Hörer, die Selbstaufnahme von Schallplatten und die Entstörung elektrischer Maschinen. Nach dem Vorwort nur für den technisch interessierten Rundfunkhörer und Bastler bestimmt, dürfte es auch für den Ingenieur ein wertvolles Nachschlagebuch sein.] *Mbt.*

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes.

Reichsbahnbauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 117.

Techn. Tel.-Insp. G. Michaelis, Berlin-Mariendorf, Gersdorfstr. 44.

W. Pancritius, Berlin N 4, Schlegelstr. 29.

W. A. Seelig, Berlin-Charlottenburg 4, Goethepark 18.

Dr. H. Wögerbauer, Berlin-Charlottenburg 9, Stülpnagelstr. 2.

Abschluß des Heftes: 29. September 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | **Berlin, 12. Oktober 1939** | **Heft 41**

Die 16. Große Deutsche Rundfunk- und Fernseh-Rundfunk-Ausstellung Berlin 1939.

Von **H. Salow**, Berlin.

DK 621.396.97 + 621.397.5(064)

Übersicht. Die Entwicklung der Rundfunkindustrie und der Ausbau einzelner Apparatetypen werden geschildert. Dabei werden einige charakteristische Neuentwicklungen des Baujahres 1939 durch Beispiele hervorgehoben. Auch auf Einzelheiten der Zusatzgeräte der Funkindustrie wird eingegangen. Der in der Fernsehrundfunkschau gezeigte Fernseh-Einheitsempfänger wird in seinem Aufbau und in seiner Arbeitsweise beschrieben.

Die Rundfunkschau.

Die diesjährige Rundfunk- und Fernseh-Rundfunk-Ausstellung zeigte, wie in den früheren Jahren, einen umfassenden Querschnitt des technischen Rundfunkschaffens und gab ein überzeugendes Bild von der Leistungsfähigkeit der deutschen Rundfunkindustrie. Im Apparatebau der einzelnen Firmen ist eine noch größere Vollkommenheit erzielt worden. Ebenso konnten bei den Zubehörteilen wesentliche Verbesserungen und Ergänzungen angebracht werden. Sehr deutlich wirkte sich eine starke Rationalisierung der deutschen Rundfunkindustrie aus. So konnten bereits 39 % des deutschen Bedarfes seit dem Jahre 1933 durch Gemeinschaftsgeräte gedeckt werden. Eine sinnvolle Typenbeschränkung und Ausnutzung der Vorteile einer Massenfertigung von Einzelteilen und vollständigen Geräten führten zu einer starken Preissenkung aller Rundfunkgeräte. So konnte beispielsweise der Preis eines Superhets der mittleren Klasse, der 1937 noch etwa 300 RM kostete, auf durchschnittlich 185 RM zurückgedrängt werden. Eine Typenbeschränkung soll in den kommenden Jahren noch weiter durchgeführt werden.

Abb. 1. Darstellung einer selbsttätigen mechanischen Einstellvorrichtung.

A Einstelltaste
$A_1, A_4 \cdots A_6$ Tastenjoch
A_2 gehärtete Schraube
B Sperrleiste
$C_1 \cdots C_3$ Einstelljoch
D Achse
E_1 Schiebekondensator
E_3 Stahlkugel
$F_1 \cdots F_3, O, E_2$ Federn
$G_1 \cdots G_3$ Zeigerantrieb
$H_1 \cdots H_4$ Geradeführung des Zeigers
J Beleuchtungslämpchen
L **Wellenschalter**
M_1, M_2, M_3 **Abstimmknopf, Rille und Brücke zur Handabstimmung**
N **Sperrhebel**
$K_1 \cdots K_6$ **Einstelljoch zur Wellenumschaltung**

Digitized by Google

Allgemein läßt sich von den gezeigten Rundfunkgeräten sagen, daß die diesjährige Entwicklung mehr der Vervollkommnung und Ausreifung der vorhandenen Typen gedient hat, als daß umwälzende Neuerungen auf den Markt gekommen wären. Der Fortschritt liegt mehr in der sorgfältigen Konstruktion und in der ausgereiften Bauart der einzelnen Geräte. Die Durchbildung der billigen Volksgeräte hat den Bedarf für die sogenannten Markeneinkreiser stark zurückgedrängt. Der Überlagerungsempfänger ist in seiner niedrigen Preisstufe mit seiner zweifellos überlegenen Trennschärfe ein scharfer Konkurrent des Zweikreisgeräts geworden und hat hier zu einer starken Typenbeschränkung geführt. In der Superhetklasse sind fast alle Geräte mit einem auf drei Kreise wirkenden Schwundausgleich eingerichtet. Die regelbare Bandbreite gewährleistet hohe Trennschärfe für Fernempfang und Klangreichtum für den Ortssender. Das magische Auge hat eine Doppelbereichanzeige erhalten, die jetzt auch für einen schwach einfallenden Sender eine genaue Einstellung durch Empfindlichkeitserhöhung gewährleistet. Die für eine richtige Tonwiedergabe wirksame Baßanhebung durch Gegenkopplung ist allgemein eingeführt und vielfach noch vervollkommnet worden. Die Verwendung von Stahlröhren und Doppelröhren oder der Einbau von Sparschaltungen führten zu einem geringen Stromverbrauch der Geräte. Der Einbau eines Kurzwellenteiles, hohe Empfangsempfindlichkeit, eine bequeme Bedienung und ein formschönes Gehäuse sind Selbstverständlichkeiten dieser Apparateklasse.

Die schon auf der vorjährigen Ausstellung gezeigte selbsttätige Sendereinstellung, die sogenannte „Druckknopfabstimmung", ist fast von allen Firmen in mindestens einem Gerät ihrer Produktion eingeführt worden. Der Wunsch, gewisse Sender immer wieder bequem, zuverlässig und rasch einzustellen, hat dazu geführt, mechanische Einrichtungen zu ersinnen, mit denen sich die Rundfunkgeräte durch Druck auf eine Taste auf eine bestimmte Wellenlänge abstimmen lassen. Es sind dabei von der Industrie verschiedene Wege beschritten worden. Die eindruckvollste Ausführung der selbsttätigen Sendereinstellung ist wohl die durch Drucktastenwahl ausgelöste Motorabstimmung. Diese Einstellungsart bietet viele Vorteile, leichte, völlig unabhängig voneinander mögliche Sendereinstellung, Benutzung der gleichen Selektionsmittel wie bei Handbetrieb, Anschlußmöglichkeit einer Fernbedienung. Sie ist aber nur für Spitzengeräte anwendbar, da eine selbsttätige Scharfstimmung durch Kompensation der mechanischen Einstellfehler benötigt wird. Eine zweite, vielfach übliche Ausführungsform verwendet vorabgestimmte Kreise, die durch den Druckknopf in Betrieb gesetzt werden. Hierbei können lediglich die durch Alterung, Temperatur oder Feuchtigkeit auftretenden Änderungen der Induktivitäts- oder Kapazitätswerte als Abstimmfehler auftreten. Bei der dritten Ausführungsform, die von vielen Firmen bevorzugt wird, wird der Abstimmdrehkondensator direkt durch das Eindrücken des Knopfes mechanisch bis zu einer vorbestimmten Stellung gedreht. Dies erfordert allerdings mechanische Präzisionseinrichtungen, um die erforderliche Abstimmgenauigkeit sicherzustellen. Als Beispiel dieser mechanischen Anordnung sei die Einstellvorrichtung nach Abb. 1 wiedergegeben. Aus dieser ist der Gesamtaufbau der Abstimmvorrichtung ersichtlich. Der Einfachheit halber sind nur zwei Tasten eingezeichnet. Über der Tastatur befindet sich der Zeigerantrieb $G_{1\ldots3}$ und $H_{1\ldots5}$ sowie eine Zugfeder F_3, auf der rechten Seite der Abbildung ist der Schiebekondensator E_1 und der Wellenschalter L zu sehen. Wird die Taste A niedergedrückt, so wird über die gehärtete Schraube A_2 das Einstelljoch C_1, C_2, C_3, das um die Achse D pendeln kann, entsprechend der Eichung der Taste aus der Ruhelage herausgedreht, gleichzeitig wird der zum Joch gehörende Hebel C_3 nach hinten geschwenkt und drückt über eine Stahlkugel E_3 auf die Schubstange des Schiebekondensators und bringt diesen in die für die Abstimmung vorgesehene Lage. Ferner betätigt der Hebel C_2 am anderen Ende des Joches den Zeigerantrieb und bringt den Zeiger H_2 an die gewünschte Stelle der Skala. Die Auslenkung des Zeigers in einer Ebene wird durch eine Geradeführung $H_{1\ldots5}$ erreicht.

Zahlreiche Firmen widmen der Wiedergabe durch den Lautsprecher große Aufmerksamkeit. Dabei ist man nicht nur bemüht, durch elektrische Maßnahmen, die richtige Bemessung der Gegenkopplung und verzerrungsfreies Arbeiten des Verstärkers, die Tongüte heraufzusetzen, auch die verwickelten Abstrahlvorgänge vom Lautsprecherkonus, der ein kontinuierliches Frequenzspektrum von acht Oktaven möglichst unverzerrt abgeben soll, finden eingehende Beachtung. So sind weitere Firmen zur Außenzentrierung übergegangen, die ein besonders

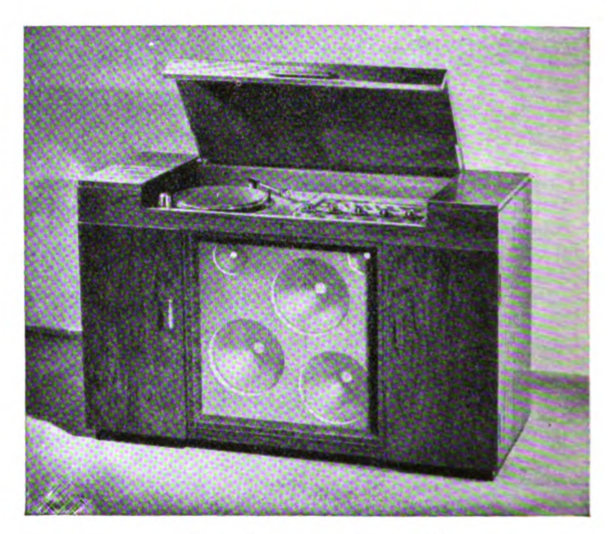


Abb. 2. Kammermusikgerät IV.

weiches Arbeiten der Lautsprechermembran gestattet. Mehrere Firmen haben Klangverteiler in den Lautsprecher eingebaut oder suchen durch Baßkonus oder Großhubmembran die Übertragung der tiefen Töne zu verbessern. Die Lautsprechermusik soll für große und geringe Lautstärke dem Frequenzgang des Ohres, der lautstärkeabhängig ist, angepaßt sein. Damit ergibt sich von selbst, daß eine getrennte Einstellmöglichkeit für die Bässe und hohe Töne erforderlich wird. Der Ton soll insbesondere bei einer Übertragung von ausgedehnten Schallquellen (Orchestermusik) plastisch wirken. Eine Forderung, die mit einem einzigen Lautsprecher im allgemeinen nicht zu erfüllen ist. Viele Firmen gehen daher dazu über, in ihre hochwertigen Geräte zwei und mehr Lautsprecher einzubauen. Es wäre zu wünschen, wenn von dieser Möglichkeit auch schon bei Geräten der geringeren Preisstufe Gebrauch gemacht würde. Auf dem Gebiet der richtigen Tonwiedergabe liegen zweifellos noch dankbare Zukunftsaufgaben, denn die Forderungen der Rundfunkhörer nach verbesserter Tongüte werden immer größer. Wie weit man diesen Forderungen heute schon gerecht werden kann, zeigt ein neues Gerät der Kammermusikserie, das Kammermusikgerät IV (Abb. 2). Dies Gerät bietet sowohl im Empfängerteil wie auf der akustischen Seite einige bemerkenswerte Einzelheiten. Um eine bis ins Letzte gehende naturgetreue Wiedergabe der Originaldarbietung zu erzielen, sind die hochfrequenten Bandfilterkreise so ausgebildet, daß ihre Kurve die ideale Rechteckform nahezu erreicht. Zur Beeinflussung der Bässe dient im Niederfrequenzteil eine gegengekoppelte Entzerrerröhre EF 12, die zusammen mit Regelgliedern wirksam wird. Durch sie wird der Frequenzgang korrigiert und der jeweiligen Wiedergabelautstärke angepaßt. Beim akustischen Teil wird eine elektrische Leistung von 20 W in Schallenergie umgesetzt. Diese Energieumwand-

Digitized by Google

lung muß möglichst verzerrungsfrei geschehen, dies erfordert eine hinreichende Dämpfung der Ein- und Ausschwingvorgänge. Die Lautsprecherkombination besteht aus fünf Einzelchassis, von denen zwei für den oberen Frequenzbereich von etwa 4000 bis 10 000 Hz vorgesehen sind und drei gleichphasig arbeitende große Lautsprecher den Rest des Frequenzbereiches bis herunter zu 30 Hz erfassen. Die den Lautsprechern zugeordneten Frequenzbänder werden durch eine besondere „elektrische Weiche" entsprechend aufgeteilt. Die beiden Hochtonlautsprecher sorgen für eine gleichmäßige Verteilung der hohen Töne im Schallfeld, und bei den tiefen Tönen ist durch die Aufteilung auf drei Schwingspulensysteme für eine genügende Linearität Sorge getragen.

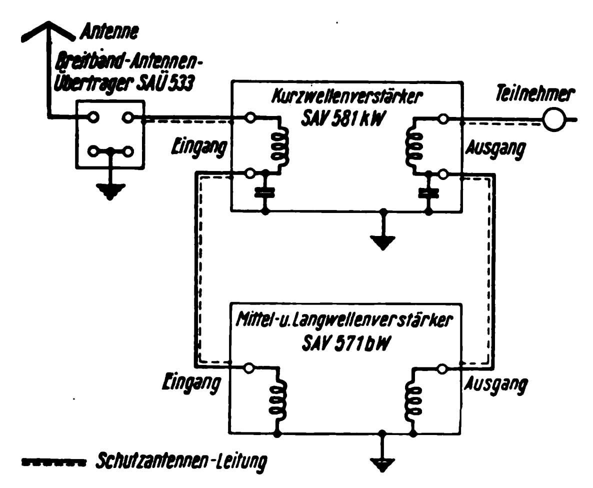


Abb. 3. Verstärkeranlage einer Gemeinschaftsantenne für Kurz-, Mittel- und Langwelle.

Eine gemeinsame Note zeigen die Geräte der deutschen Ostmark, die in diesem Jahre zum zweitenmal auf dem Markt des Altreiches erscheinen. Alle Geräte sind Superhets mit sieben Kreisen, die alle mit Dreigangkondensator arbeiten. Die Rundfunkgeräteentwicklung der deutschen Ostmark war bisher eigenen Gesetzen unterworfen. Die bisher relativ geringe Produktionskapazität führte zwangsläufig zu erstklassigen Geräten, um in der Ausfuhr der Weltkonkurrenz standhalten zu können. So zeichnen sich diese Geräte unter anderem durch sorgfältigen Aufbau des Kurzwellenteiles und hervorragenden Klang aus.

Neben der zielbewußten Entwicklung der Rundfunkgeräte ist für die Funkindustrie die Vervollkommnung von Zusatz- und Ergänzungsgeräten wichtig. So sind von der Industrie zweckmäßige und störarme Antennenanlagen entwickelt worden, die gleichzeitig das häßliche Antennengewirr auf den Dächern der Wohnhäuser beseitigen. In großen Häuserblocks, in denen immer eine größere Zahl von Rundfunkanlagen betrieben wird, ist es zweckmäßig, eine Gemeinschaftsantenne zu verwenden. Von einer einzigen Antenne werden allen Teilnehmern über Leitungen und Steckdosen die Sendefolgen zugeführt, unter denen eine freie Wahl wie bei Einzelantennen möglich ist. In einem Schema zeigte eine Firma den Aufbau einer solchen Gemeinschaftsantenne für 40 bis 50 Teilnehmer. Von der auf dem Hausdach errichteten Antenne führt eine Schutzantennenleitung zum Antennenverstärker. Dieser auf dem Dachboden untergebrachte Verstärker hat die Aufgabe, die Dämpfungsverluste des Verteilersystems auszugleichen, damit jedes Rundfunkgerät mit der gleichen Empfangsspannung betrieben werden kann wie bei einer guten Hochantenne. Vom Verstärker wird die Empfangsspannung über abgeschirmte Leitungen den Steckdosen der Teilnehmer zugeführt. Dieselbe Firma hat auch einen Antennenverstärker für den Kurzwellenbereich (5 bis 20 MHz) herausgebracht. Nunmehr ist es möglich, Gemeinschaftsantennen für die drei Wellenbereiche kurz, mittel und lang zu bauen. Der Kurzwellenverstärker arbeitet hier in Parallelschaltung zu dem Mittel-Langwellen-Verstärker gemeinsam auf das Verteilungssystem (Abb. 3).

In der Rundfunkröhrenentwicklung ist durch Einführung der Stahlröhre ein technischer Stand erreicht, der praktisch allen Bedürfnissen der Apparatetechnik gerecht wird. Die weitgehende Rationalisierung der Röhrenherstellungstechnik gestattete, den Röhrenpreis wesentlich herabzusetzen. Eine interessante Neuerung auf dem Gebiet des Röhrenbaues sind die vollkeramischen Empfängerröhren. Bei diesen Röhren, deren Aufbau auf der Nutzbarmachung der schon früher entwickelten Keramik-Glas- und Keramik-Metall-Verschmelzungen beruht, beschränkt sich die Verwendung von Metall ausschließlich auf die stromführenden Teile. Die Ausführungsform der keramischen Röhre entspricht in der äußeren Gestalt den bekannten Metallröhren. Statt des für Glasröhren üblichen Quetschfußes besitzt die Keramikröhre eine flache Sockelplatte aus Calit, in die die Zuleitungsdrähte zu den einzelnen Elektroden vakuumdicht eingeschmolzen sind. Die fertigungstechnischen Möglichkeiten des keramischen Werkstoffes gestatten, der Röhre einen viereckigen Querschnitt zu geben und damit eine besonders günstige Raumausnutzung zu gewährleisten. Außerdem lassen sich zur Kontaktgebung an Stelle der sonst üblichen Metallstifte eingebrannte Metallbeläge verwenden. Diese Form ermöglicht es, bei Spezialröhren für Ultrakurzwellen die Induktivität und Kapazität von Durchführung und Zuleitungen auf ein Mindestmaß herabzusetzen (Abb. 4).

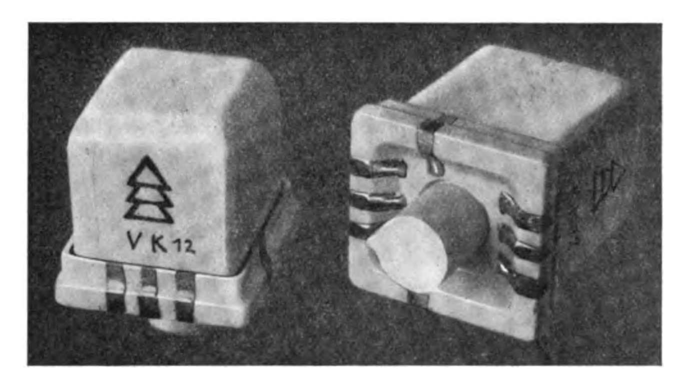
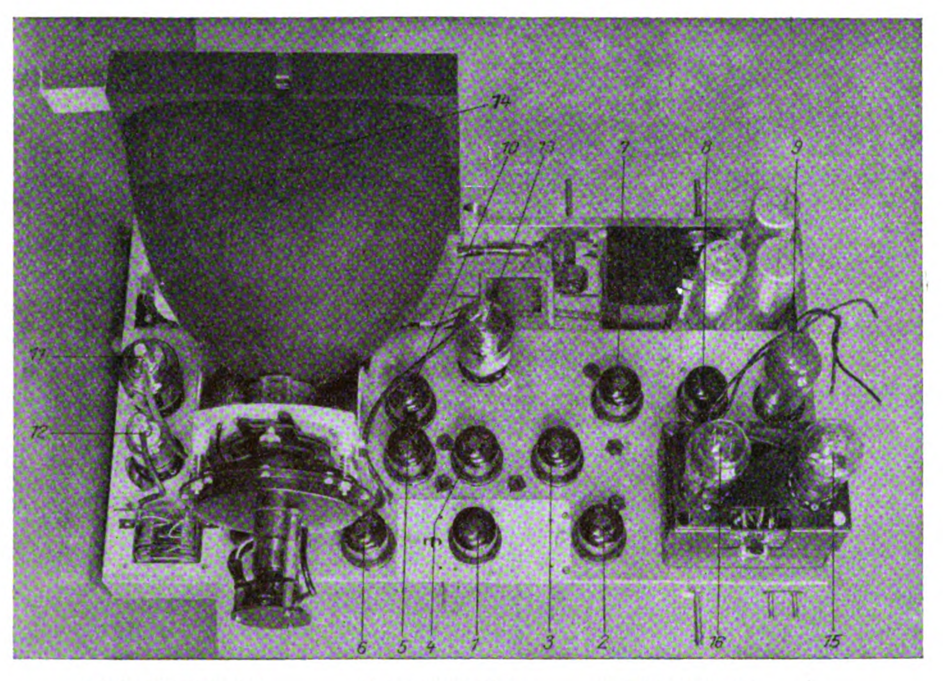


Abb. 4. Vollkeramische Empfängerröhren.

Der Elektronenstrahloszillograph ist in den letzten Jahren zu einem so unentbehrlichen Meßgerät für den Techniker in der Akustik, Mechanik, Medizin und Fernmeldetechnik geworden, daß sich wieder viele Firmen mit seiner Weiterentwicklung beschäftigt haben. Ein ausgestellter Hochleistungsoszillograph gestattet die Aufnahme von kurzzeitigen, einmaligen Vorgängen, beispielsweise die Untersuchung von Abschaltvorgängen und Wanderwellen. Seine Schreibgeschwindigkeit liegt in der Größenordnung von 10 000 km/s. Er besitzt ein Kippgerät für selbsttätige Auslösung des Kippvorganges durch den aufzunehmenden Impuls. Die gleiche Firma zeigte einen Zweistrahloszillographen, der auch schon in der Hochfrequenztechnik auf Grund seiner hohen Kippfrequenz (400 kHz) und des großen Frequenzbereiches seiner beiden eingebauten Verstärker (3 MHz) angewandt werden kann. Einen interessanten Versuch, auf dem Einstrahloszillographen zwei Vorgänge gleichzeitig zu oszillographieren, stellt der Elektronenschalter dar. Er ist als Vorsatzgerät für den Oszillographen gedacht und dient dazu, zwei verschiedene elektrische Vorgänge zu gleicher Zeit und unabhängig voneinander auf dem Einstrahloszillographen sichtbar zu machen. Der Grundgedanke der Arbeitsweise dieses Gerätes beruht auf dem abwechselnden Ein- und Ausschalten zweier getrennter Verstärkerpentoden mit

Digitized by Google

Hilfe eines Multivibrators, dessen Umschaltfrequenz etwa 10 000 Hz beträgt. Hierdurch werden die Oszillogramme aus kleinen Stückchen aufgebaut, so daß das Auge den Eindruck bekommt, daß das Bild aus einer ausgezogenen Linie besteht. Dies gilt allerdings nur bis zu Frequenzen von etwa 400 bis 500 Hz.



1 Ultrakurzwellenteil; *2* Mischröhre; *3, 4, 5, 6* Bildverstärker; *7, 8, 9* Tonverstärker; *10* Amplitudensieb; *11* Zeilenablenkröhre; *12* Hochspannungsgleichrichter; *13* Bildablenkröhre; *14* Bildschreibröhre; *15, 16* Netztransformator und Netzgleichrichter

Abb. 5. Chassis des Fernseh-Einheitsempfängers.

Die Fernseh-Rundfunkschau.

Die diesjährige Fernseh-Rundfunkschau bot ein einheitliches Bild, da alle beteiligten Firmen ausschließlich den Fernseh-Einheitsempfänger mit dem gleichen vom Fernsehsender drahtlos übernommenen Programm vorführten. Mehrere Fernseh-Aufnahmegeräte standen zur Verfügung, die die Außenaufnahmen im Terrassengarten des Ausstellungsgeländes am Funkturm oder im Stadion auf den Sender übertrugen. Weiterhin sorgten die Übertragungen von der Fernsehbühne im Deutschlandhaus für interessantes und immer abwechslungsreiches Programm.

Die Fernsehschau stand ganz im Zeichen des Einheitsempfängers. Dieser Empfänger stellt das Ergebnis einer engen Gemeinschaftsarbeit dar, die von den an der Fernsehentwicklung mitarbeitenden Firmen Fernseh AG., Radio AG., D. S. Loewe, C. Lorenz AG., Tekade und Telefunken G. m. b. H., unter Führung der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost geleistet wurde. Die vom Einheitsempfänger gezeigten Bilder waren von hervorragender Güte. Man gewinnt den Eindruck, daß hier mit den z. Z. im Fernsehen einfachsten Mitteln ein vollkommenes Gerät entwickelt wurde, das gleichzeitig durch einen umfassenden Erfahrungsaustausch der beteiligten Firmen dem höchsten Stand der Entwicklung entspricht. Bedenkt man, daß ein Fernsehempfänger etwa den vierfachen Aufwand eines einfachen Überlagerungsempfängers benötigt, so kann man den Preis von 650 RM als durchaus niedrig bezeichnen.

Der Empfänger enthält im Aufbau einige interessante Einzelheiten. Er besitzt außer der Braunschen Röhre insgesamt 15 Röhren, von denen vier Gleichrichterröhren sind. Der Konstruktion ist selbstverständlich die deutsche Fernsehnorm zugrunde gelegt. Die höchste Modulationsfrequenz im Bildband beträgt 2 MHz, die fast ungeschwächt wiedergegeben wird. Zur Aussteuerung der Braunschen Röhre ist eine Eingangsspannung von 230 µV erforderlich. Beim Aufbau des Empfängers ist das Überlagerungsprinzip angewendet worden. In der Anordnung der Verstärkerstufen folgt auf eine Vorstufe die Mischstufe, die für Bild und Ton gemeinsam ist. Nach der Mischstufe werden Ton und Bild in Zwischenfrequenzkanälen getrennt weitergeführt. Zwei weiteren Zwischenfrequenzstufen folgen für Ton und Bild die Gleichrichter- und Niederfrequenzendstufe. Im Bildkanal ist zur Verstärkung der großen erforderlichen Bandbreite eine Röhre mit günstigem Verhältnis von Steilheit zu Kapazität, die Pentode EF 14 von Telefunken verwendet worden. Die Niederfrequenzendstufe des Bildteiles liefert die Steuerspannung der Braunschen Röhre und die Eingangsspannung für das Amplitudensieb, von dem aus über je einen Übertrager die Bild- und Zeilenablenkung synchronisiert werden (Abb. 5). Zur Erzeugung der Ablenkspannungen sind neue Wege beschritten worden. Die Ablenkung des

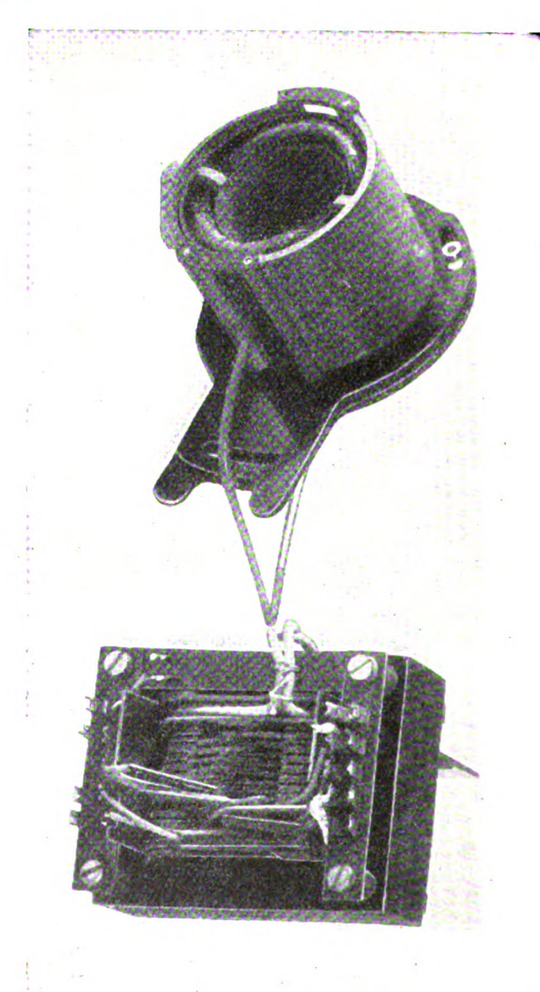


Abb. 6. Zeilentransformator mit Zeilenablenkspulendes Fernseh-Einheitsempfängers.

Digitized by Google

Elektronenstrahles erfolgt magnetisch wegen der größeren Punktschärfe in den Bildecken gegenüber einer elektrostatischen Auslenkung. Durch Anwendung des von der Fernseh AG. entwickelten Transformatorkippgerätes und durch Schaffung eines Spezialrohres für die Bild- und Zeilenablenkung gelang es, den Aufwand für die Impulsbereitung und Ablenkung auf insgesamt drei Röhren zu begrenzen. Das Zeilenablenkgerät besteht im wesentlichen aus dem neugeschaffenen Spezialrohr ES 111, dem Zeilentransformator und den im Ablenksystem eingebauten Ablenkspulen (Abb. 6). Das Bildablenkgerät ist ähnlich gebaut. Die während des Zeilenablaufes auftretende hohe Spannungsspitze wird gleichgerichtet und wird als Anodenspannung für die Braunsche Röhre verwendet. Bei der Hochspannungserzeugung auf diese Art ergeben sich drei Vorteile: Die Sperrspannung an der Gleichrichterröhre beträgt während der Sperrzeit nur etwa das 1,1fache der Gleichspannung, die Frequenz der gleichzurichtenden Schwingungen ist sehr hoch (11 025 Hz), so daß ein kleiner Hochspannungssiebkondensator zur Glättung ausreicht (etwa 500 pF). Außerdem fällt der gesamte Hochspannungstransformator fort, der sonst benötigt werden würde. Für den Einheitsempfänger wurde eine Bildschreibröhre mit viereckigem ebenem Leuchtschirm entwickelt, dessen Fläche nur unwesentlich größer ist als das geplante Bildformat von 20 × 23 cm. Der Vorteil des ebenen Bildschirmes ist besonders für den seitlich sitzenden Zuschauer wesentlich. Auch im Röhrenbau sind die letzten Erfahrungen in der Entwicklung angewendet worden. So erlaubte der große Auslenkwinkel von 60° eine sehr kurze und gedrungene Bauform der Röhre. Durch besondere Formgebung der Ablenkspule konnte die kissenförmige Verzerrung des Rasters, die sonst auf einem ebenen Schirm bei so kurzer Strahllänge auftritt, vermieden werden. Der Leuchtschirm des Bildschreibrohres besteht aus Zinkkadmiumsulfid mit einer Lichtausbeute von 4 bis 5 HK/W, bei einem Spitzenstrom von 150 µA ergibt sich eine Spitzenhelligkeit von 4,5 HK, die auch in mäßig erhellten Räumen vollständig ausreicht.

Aus der Entwicklung der Schnellbahnen.

Ältere und neuere Entwürfe und Versuche.

Von **Hans Kother VDE**, Berlin.

(Schluß von S. 1153.)

DK 625.3(09)

7. Der Schnellbahnentwurf von Kruckenberg.

Kruckenberg hat seine Auffassung über Schnellverkehr in einer Denkschrift[40]) niedergelegt. Er verlangt — wie teilweise andere Ingenieure schon vor ihm —:

1. Schnelle Folge kleiner Einheiten gleicher Geschwindigkeiten.
2. Größtmögliche Steigerung der Geschwindigkeit, wobei
   a) die Fahrzeuge leicht und stromlinienförmig,
   b) die Schienen lückenfrei durchlaufend, genauest und gleichmäßig federnd verlegt sein müssen.

Nach seiner Auffassung lassen sich diese Forderungen bei einer Einschienen-Hängebahn am besten verwirklichen. Mit Rücksicht auf die großen Kosten, die sich bei einer Versuchsanlage der Hängebahn auf 30 bis 40 Mill RM für 25 bis 30 km Streckenlänge belaufen würden, ging Kruckenberg dazu über, seine Ideen soweit als möglich auch auf die — nach seiner Meinung an sich weniger geeigneten — Zweischienenstandbahnen anzuwenden. Er beschäftigt sich in gleicher Weise mit dem Fahrzeug und dem Oberbau in der Erkenntnis, daß beide aufeinander abgestimmt sein müssen. Zwischen der Fahrgeschwindigkeit, dem Achsdruck, der Konstruktion des Fahrzeugs und der Art des Oberbaues bestehen enge Zusammenhänge.

Kruckenbergs Entwurf eines Schnelltriebwagens für eine normale zweigleisige Standbahn geht von den Erfahrungen aus, die er mit dem sogenannten „Schienenzeppelin" in den Jahren 1930/31 sammelte. Die höchste Geschwindigkeit, die der Wagen erreichte, betrug 230 km/h. Kruckenberg sieht für Geschwindigkeiten über 200 km/h den Propeller als Antriebsmittel vor, weil er dadurch die Drehgestelle des Wagens von den Motorgewichten frei hält, also reine Laufdrehgestelle erhält und das Gewicht für die elektrische Kraftübertragung spart. Dafür nimmt er den schlechteren Wirkungsgradverlauf des Propellers in Kauf. Der Wagen soll nach Möglichkeit einteilig sein, da diese Bauweise die Kosten senkt. So kommt er zu einem Flugbahnwagen, der 39 m lang ist. Die Stromlinienform ist weitgehend durchgebildet.

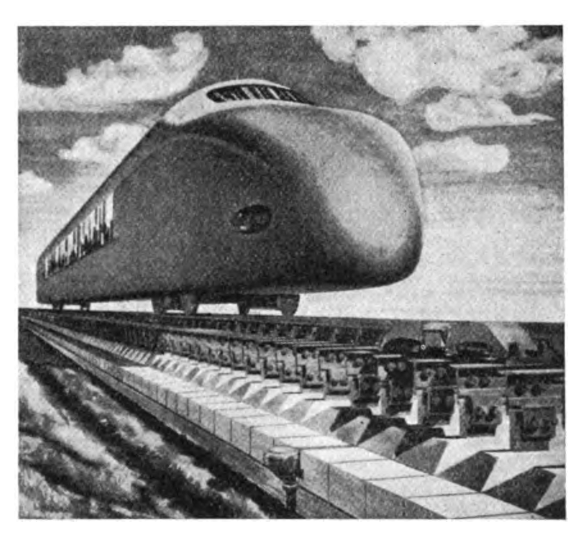


Abb. 4. Schnellbahnwagen und Sonderoberbau nach Kruckenberg.

Für Geschwindigkeiten über 200 km/h schlägt Kruckenberg ein besonderes Gleis vor, das keinen Schienenstoß aufweist, da es durchgehend geschweißt ist. Die Wärmespannungen sollen durch die besondere Konstruktion des Oberbaues als Druck- oder Zugspannungen aufgenommen werden. Die besondere Schwierigkeit liegt darin, die Schienen gegen das seitliche Ausknicken bei Druckspannungen zu versteifen, aber gleichzeitig den die Schienen tragenden Konstruktionsteilen freie Ausdehnung in der Längsrichtung des Gleises zu ermöglichen. Die Abb. 4 zeigt das Prinzip des Kruckenbergschen Sonderoberbaus. Die Stellung der Schienen selbst und die Spurkranzprofile sind hierbei normal. Die Kosten eines solchen Oberbaues dürften wesentlich höher liegen als die des bei der Deutschen Reichsbahn üblichen. Ein abschließendes Urteil hierüber muß den Bauingenieuren überlassen bleiben.

[40]) Kruckenberg, Denkschrift: Die Flugbahn, Januar 1938. Eigenverlag.

Digitized by Google

Mit dem Kruckenbergschen Entwurf, dessen wichtigste Erkenntnisse über den Fahrzeugbau in einem dreiteiligen Triebwagen für die Deutsche Reichsbahn verwirklicht wurden, sind die bedeutendsten Vorschläge auf dem Gebiet der Standbahnen mit normaler Zweischienenanordnung behandelt worden.

Zweischienenstandbahn mit besonderer Schienenanordnung (Bauart Wiesinger).

Wiesinger[41]) geht, wie auch andere Erfinder von Schnellbahnsystemen, von der richtigen Voraussetzung aus, daß man den Schnellverkehr auf der Schiene von dem Normalverkehr trennen muß wie die Wege des Fußgängers, Radfahrers und Kraftwagens. Für die Schnellbahn sollen aber nach Wiesinger die Schienen anders als üblich angeordnet werden. Er will die Schienen, die heute fast senkrecht stehen (Neigung 1 : 20), etwa 30 ° nach innen neigen, und die Räder im Gegensatz zur heutigen Gepflogenheit ebenfalls im gleichen Winkel schräg stellen Abb. 5). Dann können die beiden Räder nicht mehr auf einer gemeinsamen Achse sitzen, man erreicht aber dadurch, daß die Spurkränze unter den Schienenkopf greifen und eine Entgleisung „unmöglich" wird. Der Umbau der normalen Schienenanordnung in die Sonderbauform soll sehr billig sein.

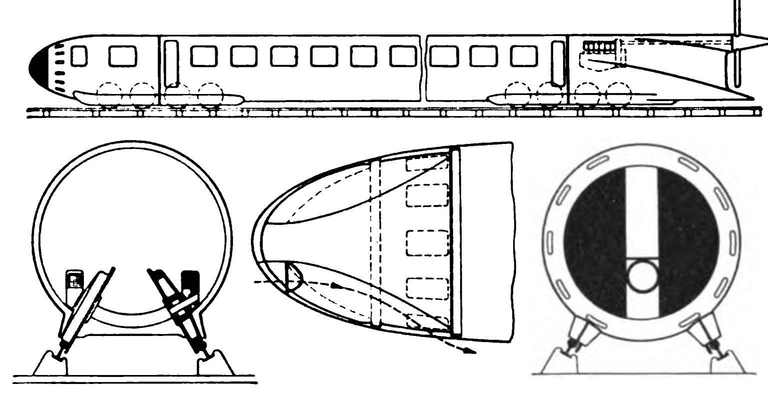


Abb. 5. Rad- und Schienenanordnung beim Schnellbahnsystem Wiesinger nach DRP. 427 240 und 598 188.

Bemerkenswert ist, daß Wiesinger zunächst den Flugbahngedanken als Einschienenhängebahn mit Propellerantrieb verwirklichen wollte. Er kam aber später davon ab, weil er erkannte, daß die Baukosten einer Hängebahn untragbar sind[42]). Wiesinger steht also in dieser Beziehung in krassem Gegensatz zu Kruckenberg, der die Auffassung vertritt, daß auch eine Hängebahn noch wirtschaftlich sei[43]).

Gemeinsam haben Wiesinger und Kruckenberg die Auffassung, daß für Geschwindigkeiten, die über 200 bis 250 km/h liegen, Propellerantrieb besonders geeignet ist.

Ebenfalls gemeinsame Auffassung haben die beiden Erfinder über den Bau der Wagen, die vollendete Stromlinienform aufweisen und als selbsttragende Kastenträger gebaut sein sollen. Während Wiesinger der Überzeugung ist, daß man — um das Wenden der Fahrzeuge zu vermeiden — die Wagen für Betrieb in beiden Fahrtrichtungen bauen soll, vertritt Kruckenberg die gegenteilige Auffassung.

Gemeinsam denken Wiesinger und Kruckenberg an die Verwendung des Mittelstreifens der Reichsautobahn als Bahnkörper für ihre Schnellbahn. Doch würde der Wert der Reichsautobahn bedeutend herabgemindert, wenn bei außergewöhnlichen Anlässen ein beliebiger Wechsel von einer zur anderen Fahrbahn durch die dazwischen liegende Schnellbahn unmöglich gemacht ist. Außerdem würde diese Vereinigung von Schiene und Autobahn dem Prinzip der „Trennung der Verkehrswege nach der Höhe der Fahrgeschwindigkeit" widersprechen.

Rein technische Einwände gegen den rollenden Zwanglauf an sich müssen den Fachgelehrten des Bogenlaufs — Bäseler und Heumann — überlassen bleiben.

[41]) Wiesinger, Techn. Mitt., 30 (1937) S. 539.
[42]) Wiesinger, Verkehrstechnik 19 (1938) S. 526.
[43]) S. Fußnote 40, S. 82.

II. Einschienen-Hängebahn mit Rädern als Tragorgan (Bauart Kruckenberg).

Schon bei den ersten Anfängen des Schnellverkehrs erfreute sich der Gedanke der Einschienen-Hängebahn besonderer Beliebtheit. Man versprach sich davon die größten Geschwindigkeiten in engen Kurven und sah in den hohen Baukosten der Traggerüste kein wirtschaftliches Hindernis, weil man von dem schnellen Betrieb eine gewaltige Verkehrssteigerung erhoffte, die die hohen Baukosten decken sollte.

Als wichtigster Vertreter des Einschienen-Hängebahnsystems ist Kruckenberg[44]) zu nennen. 1924 meldete er ein Fahrzeug für Hängeschnellbahnen[45]) zum Patent an, das für Geschwindigkeiten von 300 bis 500 km/h gedacht war. Es war beschrieben als ein Fahrzeug von torpedoartiger Gestalt mit einem „sogenannten stromlinienförmigen Körper". Der Antrieb sollte durch einen oder mehrere Luftpropeller erfolgen, Räder und Bremsvorrichtungen sollten in einem als Flosse ausgebildeten Hohlraum untergebracht werden. Die Baukosten einer (eingleisigen) Versuchsstrecke gibt Kruckenberg mit rd. 1,3 Mill RM je km an.

An einem eisernen oder aus Beton bestehenden Überbau ist eine durchlaufend verschweißte, stoßlose Schiene an Tragarmen derart befestigt, daß alle Wärmespannungen von dem Überbau aufgenommen werden können. Dabei werden erhebliche Baustoffmengen erforderlich, um die großen Kräfte und Gewichte aufzunehmen.

III. Hängebahn mit elektromagnetischer Aufhängung (Bauart Kemper).

Schon zu Beginn des Jahrhunderts beschäftigten sich die Erfinder mit der Frage, die Reibung zwischen Rad und Schiene zu vermindern oder zu beseitigen. So wollte Albertson[46]) zur Verminderung der rollenden Reibung bei Bewegung von Fahrzeugen auf Schienen das Fahrzeug mit Elektromagneten ausrüsten, welche gegen die Unterseite der Fahrschienen oder einer anderen fortlaufenden Schiene gerichtet sind, durch magnetische Kräfte das Fahrzeug anheben und dadurch die Räder des Fahrzeugs entlasten. Diese Erfindung wird kaum praktisch verwertbar sein, denn die Bildung von Wirbelströmen bei steigender Fahrgeschwindigkeit setzt den gewünschten Erfolg stark herab. Die Bau- und Betriebskosten werden, soweit man dies jetzt überblicken kann, ungewöhnlich hoch ausfallen, so daß die Rentabilität in Zweifel gezogen werden muß.

Etwa gleichzeitig kam Eichler[47]) auf den Gedanken, eine Schnellbahn in einem gegen die Außenluft abgedichteten Rohr betreiben zu wollen. Das Rohr sollte luftleer sein, die Fortbewegung durch Elektromotoren erfolgen. Eichler versprach sich bei Verwendung von Elektromotoren im luftleeren Raum den Vorteil, „daß die elektrischen Widerstände, die sich beispielsweise den Kraftlinien beim Übertritt vom Feldmagneten zum Anker bieten, infolge der Luftleere geringer werden". Ab-

[44]) S. Fußnote 40.
[45]) Kruckenberg, DRP. 433 457 (1924).
[46]) Albertson, DRP. 142 827 (1902).
[47]) Eichler, DRP. 158 925 (1903).

Digitized by Google

gesehen davon, daß diese Auffassung falsch ist, hatte Eichler nicht bedacht, daß man Elektromotoren nicht im luftleeren Raum betreiben kann, da keine Möglichkeit zur Abführung der Verlustwärme besteht. Das Abbremsen des Zuges sollte durch Entgegenströmen von eingelassener Luft erfolgen.

Neuerdings hat Kemper[48])[49]) einen Vorschlag gemacht, der teilweise die älteren Gedanken von Albertson und Eichler mit verwendet. Die Anordnung der magnetisch schwebenden Aufhängung ist in dieser Zeitschrift behandelt worden[50]), so daß hier nicht näher darauf eingegangen wird.

Die Wagen der Kemperschen Schnellbahn sollen in einer luftleeren Röhre laufen und zur sicheren Führung nicht nur eine Tragschiene, sondern auch seitliche Führungsschienen erhalten[51]). Es sollen „ohne Zweifel" 500 bis 1000 km/h noch wirtschaftlich erreicht werden können. „Wenn keine anderen Hinderungsgründe vorhanden wären, so meint Kemper, ließe das Prinzip des elektromagnetisch schwebenden Gleitens an sich auch Geschwindigkeiten von 2000 und 3000 km/h zu."

Kemper denkt zum Antrieb „Wanderfeldmotoren", wie sie vor vielen Jahren gelegentlich aus Patenten bekannt wurden[52]), zu benutzen.

Die Kosten seiner Bahn veranschlagt Kemper selbst auf das Drei- bis Vierfache der Eisenbahn, er hofft, diese Mehrkosten durch Minderverschleiß wieder einzubringen.

In einem Vortrag am 27. 1. 1939 in Berlin brachte Kemper noch einige Einzelheiten. Daß er seine Fahrzeuge von 0 bis 1000 km/h mit 3 m/s^2 beschleunigen will, stellt technisch gesehen noch nichts Untragbares dar, wenn auch die Beschleunigungsleistung für ein 10 t schweres Fahrzeug — ursprünglich waren 50 t angegeben — den beträchtlichen Wert von 8000 kW erreicht. Zwar liegen bei Straßenbahnen die heute üblichen Höchstwerte der Beschleunigung bei rd. 2 m/s^2, jedoch wäre gegen den Wert von 3 m/s^2 nichts einzuwenden, zumal die Kemperschen Fahrzeuge bei jeder Fahrt nur ein einzigesmal beschleunigt werden. Die Zeitdauer einer Anfahrt beträgt bei einer Geschwindigkeit von 1000 km/h oder rd. 300 m/s für eine Beschleunigung von 3 m/s^2 etwa 100 s. Der Anfahrweg wäre 15 000 m, d. h. der als eine Art Wanderfeldmotor gedachte Antriebsmotor müßte eine Länge von 15 km aufweisen.

Kritisch werden die Kemperschen Vorschläge besonders bei den von ihm für zulässig erachteten Notbremsverzögerungen, für die er 30 m/s^2 annimmt. Kemper wird gezwungen auf solche Werte zu gehen, da er beim Betrieb von Einzelfahrzeugen kürzeste Bremswege erreichen muß, weil sonst bei den größeren Fahrzeugabständen die Leistungsfähigkeit der Bahn (Anzahl Wagen je Stunde) zu niedrig wird. Mit der von Kemper vorgesehenen Notbremsverzögerung von 30 m/s^2 käme ein normaler D-Zug, der mit rd. 110 km/h fährt, innerhalb einer einzigen Sekunde auf einem Bremsweg von 15 m zum Halten! Es ist nicht zulässig, solche Verzögerungen, die das Dreifache der Erdbeschleunigung ausmachen, auf normale Fahrzeuge anzuwenden. Denn man kann solche Verzögerungen, die in ihrer Auswirkung Zusammenstößen ähnlich sein werden, keinem Reisenden zumuten. Abgesehen davon ist der technische Aufwand kaum zu vertreten, dessen es bedarf, um die bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1000 km/h bei 30 m/s^2 Notbremsverzögerung erforderliche Bremsleistung aufzubringen, deren Spitzenwert rd. 80 000 kW betragen würde, wenn man nur mit dem gering angesetzten Fahrzeuggewicht von 10 t rechnet!

48) Kemper, DRP. 643 316 (1934).
49) Kemper, DRP. 644 302 (1935).
50) Kemper, ETZ 59 (1938) S. 391.
51) Kemper, Frankfurter Zeitung, 18. 9. 1938.
52) DRP., Klasse 20 k 3.

Aussichten und wirtschaftliche Fragen des Schnellverkehrs.

Die meisten Aussichten auf Verwirklichung hat die Zweischienenstandbahn mit normal verlegtem Gleis. Zwar denken ihre Verfechter nicht an Ultraschnellverkehr von 250 bis 1000 km/h, sondern an 200 bis höchstens 250 km/h. Aber es ist unbestritten, daß diese „Normalausführung" in bezug auf Schiene und Rad die wenigsten technischen Schwierigkeiten mit dem geringsten Kapitalaufwand und der größten Aussicht auf wirtschaftlichen Betrieb vereinigt. Außer der Freizügigkeit der Fahrzeuge hat man den Vorteil, bewährte Ausführungen von Gleich- oder besser Wechselstromlokomotiven und Triebwagen verwenden zu können.

Die Beschleunigung des Verkehrs ist ohne Zweifel erforderlich. Sie muß aber den Anforderungen der großen Masse der Reisenden entsprechen, sonst wird der Aufwand zur Beschleunigung des Verkehrs größer als die Einnahmen. Wo die Grenze liegt, läßt sich nicht allgemein festsetzen, sie wird sich auch entsprechend den fortschreitenden besseren Produktionsmöglichkeiten immer mehr nach oben verschieben.

Es wird sich bei einer Senkung der Fahrpreise auf z. B. ein Viertel die Zahl der Reisenden nicht ohne weiteres vervierfachen. Auch durch eine Heraufsetzung der Fahrgeschwindigkeit allein werden die Fahrgäste nicht in gleichem Maße zunehmen.

Wer will aber mit nur einiger Wahrscheinlichkeit vorausberechnen, welche Steigerung der Reisegeschwindigkeit und welche gleichzeitige Senkung der Fahrpreise die Einnahmen tatsächlich derart vergrößert, daß die höheren Anlage- und Betriebskosten sich rechtfertigen?

Das scheint für die Dauer der nächsten Jahrzehnte das **wahre Problem** des Schnellfahrens zu sein, ein Problem, das bestimmt mit den Betriebsmitteln unserer normalen Eisenbahnen noch zu lösen sein wird [vgl. Kother, ETZ 60 (1939) S. 787].

Aus dem Schrifttum.

Einschienenstandbahnen.

1. Brennan, Brit. Pat. 27 213 (1903), Mono-Rail Traction System.
2. Brennan, Bericht über die Versuche, Electr. Engng. (1909) S. 977, Auszug: Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 7 (1909) S. 660.
3. Scherl, Richard, DRP. 205 820 (1907), Einspuriges, durch Kreisel im Gleichgewicht gehaltenes Fahrzeug mit in seitlichen Führungen verschiebbar gelagerten Stützen.
4. Scherl, August, DRP. 252 167 (1911), Sicherungsschaltung für labile Fahrzeuge, die durch elektrisch angetriebene Kreisel im Gleichgewicht gehalten werden.
5. Scherl, August, Ein neues Schnellbahnsystem, Verlag Scherl, Berlin 1909.
6. Eichel, Die Einschienenbahn, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 7 (1909) S. 641.
7. Eichel, Betriebsprinzipien des Scherl'schen Einschienenbahnwagens, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 116.
8. Bolstorff (Bericht von Brecht), Die Wirkungsweise der Kreisel im Einschienenwagen, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 137.
9. Schimpff, Die technischen und wirtschaftlichen Aussichten der einschienigen Kreiselbahn, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 127.
10. Kürth, Die technischen und wirtschaftlichen Aussichten der einschienigen Kreiselbahnen, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 441.
11. Martienssen, Physikalische Bedenken gegen die Einschienenbahn des Herrn Scherl, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 593.
12. Wiesinger, Zur Frage der Einschienenkreiselbahnen, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 8 (1910) S. 633.
13. Föppl, Zur Theorie des Kreiselwagens der Einschienenbahn, ETZ 31 (1910) S. 83.
14. Klein-Sommerfeld, Theorie des Kreisels, Bd. 4 (Anwendungen), Berlin u. Leipzig, Teubner.
15. Petersen, 200 km in der Stunde und das Eisenbahngleis, Elektr. Bahnen 2 (1904) S. 125. (Aus diesem Aufsatz versuchen die Anhänger des Einschienensystems die Berechtigung ihrer Idee zu begründen.)
16. Cauer, Ein neues Schnellbahnsystem, Z. Ver. Dtsch Eisenbahnverw. 49 (1909) S. 803.
17. ****, Ein neues Schnellbahnsystem, ETZ 30 (1909) S. 574.
18. C. Z., Der Scherl'sche Einschienenwagen, ETZ 30 (1909) S. 1132.
19. Schimpff, Die technischen und wirtschaftlichen Aussichten der einschienigen Kreiselbahn, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 9 (1911) S. 166.
20. Die Scherl'sche und die Brennan'sche Einschienenbahn, Z. Ver. Dtsch. Eisenbahnverw. 50 (1910) S. 4.
21. Borck, DRP. 327 292 (1919), Anordnung zur Stabilisierung von Einschienenbahnen und anderen Fahrzeugen im labilen Gleichgewicht, gekennzeichnet dadurch, daß seitliche Drücke durch tragflächenähnliche, verstellbare Querruder ausgeglichen werden.

Zweischienenstandbahnen.

22. Schräder, ETZ 11 (1890) S. 169. Elektrische Versuchsbahn für 200 km/h.
23. Zipernowsky, Über elektrische Bahnen für interurbanen Schnellverkehr, ETZ 12 (1891) S. 516.
24. Krämer, Berechnung der maximalen Fahrgeschwindigkeit auf elektrischen Bahnen, ETZ 13 (1892) S. 581.
25. v. Borries, Schnellbetrieb auf Hauptbahnen, Elektr. Bahnen 2 (1904) S. 237.

Digitized by Google

26. Reichel, Elektrische Schnellbahnen, ETZ 22 (1901) S. 671, 745, 776, 841.
27. Die elektrische Schnellbahn, ETZ 22 (1901) S. 970.
28. Reichel, Schnellbahnlokomotive, ausgerüstet mit Motoren für unmittelbare Zuführung von 10 000 V Hochspannung, ETZ 23 (1903) S. 685.
29. Schnellbahnversuch auf der Militärbahn Berlin—Zossen, ETZ 23 (1903) S. 851.
30. Heyland, Schnellbahnmotoren mit Phasenkompensierung, ETZ 22 (1901) S. 924.
31. Lasche, Der elektrische Schnellbahnwagen der AEG, ETZ 22 (1901) S. 803.
32. Elektrische Schnellfahrten auf der Militärbahn Zossen—Marienfelde, ETZ 24 (1903) S. 869, 943, 997, 1086.
33. Reichel, Über die Zuführung elektrischer Energie für größere Bahnnetze, ETZ 25 (1904) S. 486.
34. Lochner, Erfahrungen über den elektrischen Schnellbetrieb auf normalspurigen Bahnen, ETZ 25 (1904) S. 1079.
35. Richter, Auf Dampfbahnen erzielte höchste Geschwindigkeiten, Z. VDI 46 (1902) S. 67.
36. Fränkel, Bedingungen für die Bauart von Dampflokomotiven für 200 km/h, Glasers Ann. Nr. 572 (1901) S. 159.
37. Sanzin, Dampflokomotiven für 200 km/h, Glasers Ann. Nr. 583 (1901) S. 129.
38. Wittfeld, Über Schnellbahnen und elektrische Zugförderung auf Hauptbahnen, Glasers Ann. Nr. 593 (1902) S. 87.
39. Fränkel, Dampflokomotive und Schnellverkehr, Glasers Ann. Nr. 594 (1902) S. 106.
40. Wichert, Bericht über: Entwurf einer (Dampf-)Lokomotive zur Beförderung von Zügen mit großer Fahrgeschwindigkeit, Glasers Ann. Nr. 640 (1904) S. 63.
41. Wolters, Lokomotiven zur Beförderung von Zügen mit großer Fahrgeschwindigkeit, Glasers Ann. Nr. 643 (1904) S. 135.
42. Frank, Die Gestaltung der Lokomotiven und Einzelfahrzeuge zur Erreichung hoher Fahrgeschwindigkeiten, Z. VDI 48 (1904) S. 46.
43. v. Borries, Die Bewegungswiderstände der Eisenbahnfahrzeuge und die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven Z. VDI 48 (1904) S. 810.
44. v. Borries, Schnellbetrieb auf Hauptbahnen, Z. VDI 48 (1904) S. 949.
45. ****, Schnellfahrt Offenburg—Freiburg, 144 km/h, Z. VDI 48 (1904) S. 1087.
46. ****, Schnellfahrt München—Augsburg, 154,5 km/h, Z. VDI 51 (1907) S. 1162, 1241.
47. Eisenbahndirektion Berlin, Schnellfahrversuche mit Dampflokomotiven, Org. Fortschr. Eisenbahnw. 42 (1905) S. 1.
48. Fuchs und Breuer, Der Schnelltriebwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Z. VDI 77 (1933) S. 57.
49. Wechmann, Der dieselelektrische Triebwagen, seine Berechtigung, Elektr. Bahnen 10 (1934) S. 237.
50. Schnellfahrten der Deutschen Reichsbahn, Dampflokomotiven und Triebwagen, Reichsbahn 16 (1936) S. 189, 417.
51. Kruckenberg und Stedefeld, DRP. 549 735 (1928), Standbahn für hohe Geschwindigkeiten, mit Führungsrädern, die an einer mittleren Führungsschiene angreifen.
52. Kruckenberg und Stedefeld, DRP. 549 736 (1928), Standschnellbahn.
53. Kruckenberg, Denkschrift: Die Flugbahn, Köln 1938.
54. Wiesinger, DRP. 427 240 (1923), Eisenbahnfahrzeuge für hohe Geschwindigkeiten (500 km/h; Propellerantrieb; normale, jedoch schräggestellte Schienen).
55. Wiesinger, DRP. 598 188 (1934), Rollender Zwanglauf für Schienenfahrzeuge (Ausbildung der schräg geneigten Räder).
56. Mit 300 Kilometer über die Schiene, Deutsche Allgemeine Zeitung, 7. 7. 1938.
57. Wiesinger, Entgleisungssicherer Ultraschnellverkehr mit mehr als 250 km/h, Techn. Mitt. 30 (1937) S. 539.
58. Wiesinger, Entgleisungssicherer Schnellverkehr, Rdsch. Dtsch. Techn. 18 (1938) Nr. 6, S. 1.
59. Wiesinger, Entgleisungssicherer Schnellverkehr für mehr als 250 km/h Geschwindigkeit, Verkehrstechnik (1938) S. 526.

Einschienenhängebahnen.

60. Kruckenberg, DRP. 433 457 (1924), Fahrzeuge für Hängeschnellbahnen.
61. Kruckenberg, DRP. 433 529 (1924), Laufradlagerung für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten.
62. Kruckenberg, DRP. 436 788 (1923), Lauf- und Bremswerk an Hängeschnellbahnen.
63. Kruckenberg, DRP. 438 470 (1924), Fahrschienen- und Laufradform bei Hängeschnellbahnen.
64. Kruckenberg, DRP. 441 182 (1924), Einrichtung zum Beseitigen von durch Seitenwinde entstehenden Seitenkräften auf die Fahrzeuge von Einschienenschnellbahnen.
65. Kruckenberg, DRP. 441 987 (1926), Einrichtung zur Bekämpfung des seitlichen Ausschwingens von Einschienen-Schnellbahnfahrzeugen in Tunneln.
66. Stedefeld, DRP. 472 294 (1927), Hängebahnfahrzeuge in Stromlinienform für hohe Geschwindigkeiten, die im Zugverband fahren können.
67. Kruckenberg, DRP. 421 031 (1923), Übergangsstelle vom Landschnellzum Unterwasserschnellverkehr.

Hängebahnen mit magnetischer Aufhängung, Röhrenbahnen, Antriebsarten.

68. Albertson, DRP. 142 827 (1902), Einrichtung zur Verminderung der rollenden Reibung bei der Bewegung von Fahrzeugen auf Schienen.
69. Eichler, DRP. 158 925 (1903), Schnellbahn mit einem gegen die Außenluft abgeschlossenen Zugrohr.
70. Kemper, DRP. 643 316 (1934), Schwebebahn mit räderlosen Fahrzeugen, die an eisernen Fahrschienen mittels magnetischer Felder schwebend entlang geführt werden.
71. Kemper, DRP. 644 302 (1935), Zusatz zu DRP. 643 316.
72. Kemper, Schwebende Aufhängung durch elektromagnetische Kräfte: eine Möglichkeit für eine grundsätzlich neue Fortbewegungsart, ETZ 59 (1938) S. 391.
73. Kemper, Schwebebahn ohne Räder, ein technisches Projekt und seine Grundlagen, Frankfurter Zeitung, 18. 9. 1938.
74. Rosenfeld, Zelenay, Dulait, DRP. 132 359 (1900), Einrichtung zum Betriebe elektrischer Eisenbahnen mit Mehrphasenwechselstrom, bei welcher der am Fahrzeug hängende Anker parallel zu dem längs der Strecke angeordneten Induktor fortbewegt wird.
75. Zehden, DRP. 140 958 (1902), Wanderfeldmotor.
76. Bachelet, DRP. 259 240 (1911), Transporteinrichtung, bei welcher ein besonderes fortschreitendes elektromagnetisches Feld vorgesehen ist, das lediglich die Aufhebung der Reibung zwischen Fahrzeug und dessen Bahn bezweckt.

Bericht über die Aussprache.

Leiter: Professor Dr.-Ing. Paul Müller VDE.

Der **Leiter** berichtet über seinen 1913 erfolgten Besuch der Probebahn von Brennan in Chatham (bei London). Der vierachsige Plattformwagen hatte benzinelektrischen Antrieb für Kreisel und Fahrmotoren und erreichte eine Geschwindigkeit von etwa 40 km/h. Einseitige Belastung durch Gewicht (1 t) oder durch Aufspringen einer größeren Zahl von Personen sowie Einlauf in die Kurve bewirkte nach kurzem Durchsacken ein Aufrichten in die neue Gleichgewichtslage. Bei späteren Vorführungen in New York soll der Wagen infolge zu hoher Geschwindigkeit umgekippt sein; zu praktischen Ausführungen ist es daher nicht gekommen.

Herr **Kemper** (schriftl. ergänzt) weist darauf hin, daß man sein Projekt nicht nur für 1000 km/h betrachten und nach den dort vielleicht auftretenden besonderen Schwierigkeiten beurteilen dürfe; man könne ebensogut 500 km/h oder gar nur 100 km/h anwenden, wobei man auch heute wohl keine technischen Bedenken hinsichtlich der Durchführbarkeit hege.

Er bemängelt, daß durch den Vortrag von Herrn Dr. Kother der Eindruck entstehen könne, als sehe er eine Abbremsung mit 30 m/s^2 als einen Regelfall vor. Gewöhnlich soll nur mit 2 m/s^2 gearbeitet werden. Nur wenn eine Katastrophe droht, sollen 30 m/s^2 in Anwendung kommen. Diese Bremsverzögerung hat sich im Flugwesen als ungefährlich für den gesunden Menschen erwiesen. Der Katastrophenfall kann seiner Meinung nach nicht häufiger vorkommen als Zusammenstoß oder Entgleisung bei der Eisenbahn von heute.

Ein Vorzug der magnetischen Schwebung, der im Vortrag nicht erwähnt wurde, ist die Möglichkeit, jede selbsttätige Lagenberichtigung ohne jeden Schwingungsvorgang als gedämpfte Bewegung sich vollziehen zu lassen. Es ist mit vollkommen ruhigen, erschütterungsfreien Fahrbewegungen zu rechnen.

Die nur für die Anfahr- und Anhaltestrecken erforderlichen Antriebsorgane sollen in die Tunnelwand eingebaut werden.

Der **Vortragende** bezweifelt, daß 30 m/s^2 technisch erreichbar sind; bei 1000 km/h und 10 t Wagengewicht wäre dann die Bremsleistung 80 000 kW. Betriebsstörungen wirken sich bei der Kemperschen Bahn viel stärker aus als bei dem normalen Zweischienenstandbahnsystem. Der Vortragende überläßt es dem Zuhörer, sich die Wirkung der von Kemper vorgesehenen Notbremsverzögerungen vorzustellen.

Herr **Kemper** will vor dem zu bremsenden Wagen (kleine Fahrzeuge von vielleicht 10 t Gewicht) Luft einlassen.

Der **Leiter** berechnet für 1 at Druckdifferenz die nötige Querschnittsfläche zu 15 m^2 bei 50 t Gewicht und immer noch 3 m^2 bei 10 t. Die magnetische Antriebsvorrichtung würde im Prinzip ein Wanderfeldmotor sein. Ein solcher entspricht etwa einem normalen Drehstrommotor, bei dem ein größeres Stück des Ständers oder Läufers herausgeschnitten ist. Das Drehfeld kann also nicht gleichförmig durchlaufen, sondern muß am Beginn der Lücke plötzlich verschwinden und nachher erst wieder neu entstehen. Die Leistung wird daher stark beeinträchtigt. Für die Wandergeschwindigkeit von nahezu 300 m/s ergeben sich Polteilungen von rund 3 m und entsprechend große Jochquerschnitte auch auf dem Fahrzeug.

Herr **Monath** berichtet von einer um 1900 in Belgien ausgeführten kleinen Versuchsbahn mit Wanderfeldmotor, bei der durch Schalter jeweils nur das kurze, unter dem Wagen befindliche Stück des Primärteiles eingeschaltet war.

Herr **Kemper** will keinen asynchronen Antrieb nach Art eines Drehstromkurzschlußmotors anwenden, sondern eine Art synchronen Antriebs, aber nicht mit einer festen Frequenz von vielleicht 50 Hz, sondern einer solchen, die mit der erreichten Fahrgeschwindigkeit ansteigt. Das Fahrzeug selbst soll zum Antrieb nur mit ausgeprägten Polen aus Eisenblechen versehen werden, die keine Wicklungen tragen, damit der Auf- und Abbau des Magnetfeldes nicht durch Induktionsströme gehemmt wird. Beim Antrieb sollen nur die Antriebsorgane eines beschränkten Tunnelabschnittes jeweils unter Strom sein.

Der **Leiter** bemerkt, daß die Anordnung aber sehr hohe Schaltleistungen ergibt und daß das Öffnen und Schließen sehr präzise und schnell erfolgen muß.

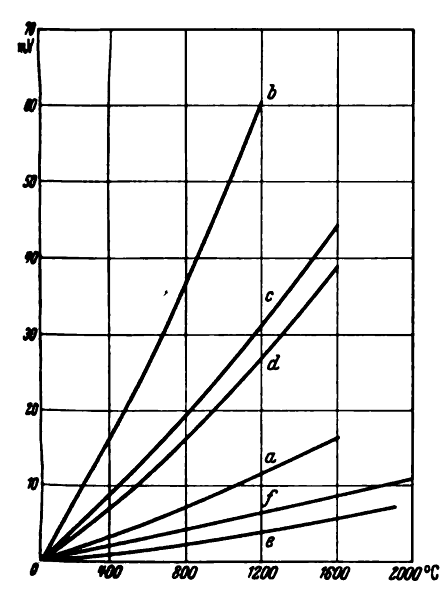
Herr **Kemper** hofft, demnächst eine genauere Beschreibung seines Antriebssystems veröffentlichen zu können, um Unklarheiten über die technische Ausführung seines Systems zu beseitigen.

Digitized by Google

Über metallische Werkstoffe für Thermoelemente.

DK 537.324 : 620.2

Die metallischen Werkstoffe, die man für thermoelektrische Zwecke verwendet[1]), werden zweckmäßig in solche aus Edelmetallen und solche aus unedlen Metallen eingeteilt. Wesentlich sind hierbei die Gesichtspunkte, die für die Wahl derartiger Werkstoffe maßgebend sind. In erster Linie müssen die metallischen Leiter sich mechanisch so bearbeiten lassen, daß aus ihnen Drähte, Stäbe oder dergl. mit hinreichender Festigkeit hergestellt werden können. Für die meisten Fälle scheiden solche Werkstoffe aus, die eine zu große Sprödigkeit besitzen und infolgedessen allzu brüchig sind. So kann man beispielsweise Wismut und Antimon trotz ihrer großen Thermokraft gegeneinander im allgemeinen nicht verwenden. Auch müssen die Leiter in den Temperaturen, denen sie ausgesetzt werden sollen, hinreichend widerstandsfähig sein, d. h. vor allem nicht durch Oxydation zerstört werden. Weiterhin ist natürlich die Größe der Thermokraft zwischen den beiden Leitern und ihre Änderung mit der Temperatur, welche die Genauigkeit der Messungen wesentlich mitbestimmt, maßgebend. Auch sind Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Thermokraft, die auf Umwandlungen des Leiterwerkstoffes zurückgeführt werden müssen, unerwünscht. Unter Berücksichtigung all dieser Gesichtspunkte hat sich unter den außerordentlich vielen vorgeschlagenen Kombinationen nur eine verhältnismäßig kleine Zahl als zuverlässig und brauchbar erwiesen.



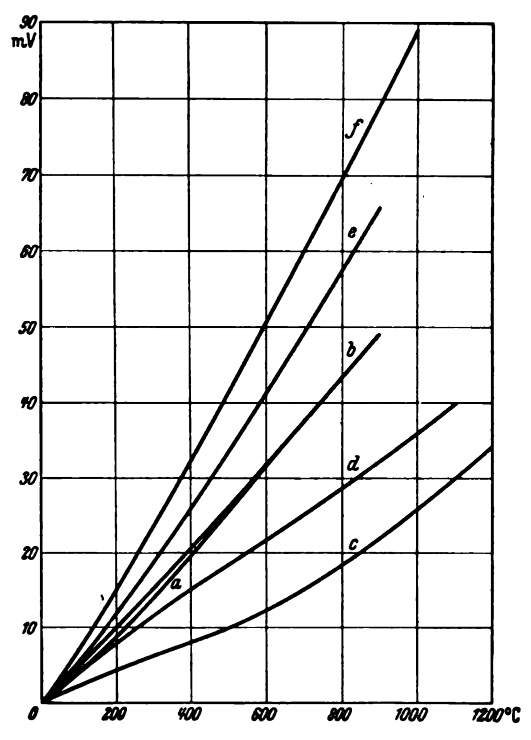
a Platin-Platinrhodium (10% Rh)-Element
b Pallaplat-Element
c Platin-Platinrhenium (8% Re)
d Platin — (90,5 Pt + 4,5% Re + 5% Rh)
e Rhodium – Rhodium 8% Rhenium
f Iridium — Rhodium-iridium (40% Ir)

Abb. 1. Thermoelemente aus Edelmetallen.

Was nun zunächst die metallischen Werkstoffe für Thermoelemente aus **Edelmetallen** anbetrifft, so steht sowohl für wissenschaftliche als auch für technische Zwecke das **Le Chatelier'sche Element** an erster Stelle. Der eine Schenkel besteht bei diesem Element aus reinem Platin und der andere aus einer Legierung von Platin und 10% Rhodium. Es ist für Temperaturmessungen zwischen 300° und 1500 oder 1600°C zu verwenden. Beide Schenkel werden in außerordentlich hoher Reinheit hergestellt. Dieser Punkt ist besonders wichtig, da auf diese Weise das elektrische Anzeigegerät neben seiner Millivoltskala ein für allemal mit einer Temperaturskala versehen werden kann.

Da die Kosten des Le Chatelier'schen Elementes immer sehr erheblich sind, ist man seit längerer Zeit bestrebt, einen hinreichenden Ersatz dafür zu schaffen. Man hat deshalb Elemente aus unedlen Leitern verwendet; sie haben natürlich den Nachteil, daß sie in den hohen Temperaturen infolge der Oxydation im allgemeinen nicht eine allzulange Lebensdauer besitzen. Verwendet man dagegen Edelmetalle, so ist eine Zerstörung durch Oxydation nicht zu befürchten. Hierbei ging gleichzeitig das Streben dahin, möglichst große Thermokräfte zu erhalten, und was damit meistens Hand in Hand geht, eine große thermoelektrische Empfindlichkeit zu erreichen.

Dies findet man bei dem **Pallaplat-Element**, bei dem der eine Schenkel aus einer Gold-Palladium-Platin-Legierung und der andere aus einer Platin-Rhodium-Legierung besteht. Die Höchsttemperaturen, bis zu denen es benutzt werden kann, liegen bei 1000 bis 1200 °C. In Abb. 1 ist der Verlauf der Spannung in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt. Wie alle Edelmetalle muß auch dieses Thermoelement gegen die Einwirkung kohlenstoffhaltiger Gase wie auch vor Silizium geschützt werden.



a Konstantan-Kupfer bzw. -Silber
b Konstantan-Eisen bzw. -Stahl
c Nickel-Kohle
d Nickel-Chromnickel
e Konstantan-Chromnickel
f 84 Ni + 16 Mo — 50 Ni + 50 Cu

Abb. 2. Thermoelemente aus unedlen Metallen.

In dem Temperaturgebiet oberhalb 1500°C ist im allgemeinen die Verwendung von Thermoelementen mit Schwierigkeiten verknüpft, da es vielfach an den geeigneten Werkstoffen fehlt. Erst in letzter Zeit ist es gelungen, auf Grund systematischer Untersuchungen hier weitere Fortschritte zu erzielen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß Rhenium zu Platin legiert besonders hohe Spannungen gegen Platin ergibt, und daß außerdem diese Platinlegierungen bis zu 10% Gewichtsanteilen mechanisch gut verarbeitbar sind. So werden Thermoelemente hergestellt, deren einer Schenkel aus Platin, und deren anderer Schenkel aus einer Platin-Rhenium-Legierung mit 8% Rhenium besteht.

Um die im Laufe der Zeit bei Verwendung in den hohen Temperaturen auftretende Brüchigkeit des Legierungsschenkels, die auf die grobe Rekristallisation zurückzuführen ist, zu reduzieren, hat man dem Rhenium-Legierungsschenkel die Zusammensetzung: 90,5% Pt + 4,5% Re + 5% Rh gegeben. Die Spannung gegen Platin wird hierdurch allerdings etwas verkleinert (vgl. Abb. 1 Kurve *c* und *d*), die Elemente können aber bis zu Temperaturen von 1600°C benutzt werden, für Dauererhitzung ist es jedoch zu empfehlen, Temperaturen von 1350°C nicht zu überschreiten.

Will man Temperaturmessungen oberhalb 1600°C vornehmen, so kann dieselbe Platin-Rhenium-Legierung verwendet werden; doch muß als anderer Schenkel dann Rhodium gewählt werden. Hier ist eine Verwendung bis 1800°C möglich (vgl. Abb. 1 Kurve *e*). Bis 1900° wird eine Kombination vorgeschlagen, bei der der eine Schenkel reines Rhodium und der andere eine Rhodium-Rhenium-Legierung mit 8% Rhenium ist.

Temperaturmessungen bis zu 2000°C lassen sich mit solchen Thermoelementen durchführen, deren Schenkel aus reinem Iri

[1]) A. Schulze Metallwirtsch. 18 (1939) S. 249, 271 u. 315; 16 S., 26 Abb.

Digitized by Google

dium und aus einer Legierung von 60% Rhodium und 40% Iridium bestehen. Wegen der verhältnismäßig geringen Flüchtigkeit der einzelnen Bestandteile ist ein öfteres Nacheichen des Elements kaum erforderlich. Die Brüchigkeit des Iridiums ist durch ein besonderes Arbeitsverfahren wesentlich herabgesetzt. — Auch andere Iridium-Elemente werden besprochen.

Bei der Verwendung von metallischen Werkstoffen aus unedlen Metallen für thermoelektrische Zwecke sind in dem mittleren Temperaturgebiet, d. h. zwischen 0 und 600°C, die Elemente aus Konstantan-Silber, Konstantan-Kupfer und Konstantan-Eisen als die gebräuchlichsten anzusprechen.

Für die Messungen von Temperaturen oberhalb 600°C bis hinauf zu 1000 und 1200°C werden recht verschiedenartige Thermoelemente benutzt, und zwar Elemente, die außer aus Kohle in erster Linie aus Nickel und Eisen (Stahl) und den Legierungen mit Wolfram, Kupfer, Chrom und Aluminium bestehen. Von diesen haben sich einige, besonders die Nickel-Chrom-Legierungen, durch recht große Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation ausgezeichnet. Die Schenkel der Thermoelemente aus unedlen Leitern sind während der Betriebsdauer im allgemeinen dauernden Änderungen unterworfen, die auf fortschreitende Oxydation oder andere chemische Einflüsse zurückzuführen sind. Bei den meisten Leitern schreitet die Oxydation in konzentrischen Schichten fort, so daß auch in späteren Zeitabschnitten der Untersuchungen noch ein zusammenhängender metallischer Kern bestehen bleibt. Diesem bemerkenswerten Verhalten ist es zu verdanken, daß die Thermokraft verhältnismäßig lange nahezu konstant bleibt.

Besondere Untersuchungen über die Brauchbarkeit von Thermoelementen aus unedlen Leitern in hohen Temperaturen haben ergeben, daß die Konstantan-Eisen- bzw. -Stahl-Elemente im praktischen Gebrauch sogar bis 900°C benutzt werden können; nur ist ihre Lebensdauer dann wesentlich verkürzt. Weiterhin haben sich Elemente aus Nickel gegen Nickelstahl (mit 66% Ni) bei Verwendung bis zu Temperaturen von 1000°C gut bewährt. Die Abhängigkeit der Spannung bei all diesen Elementen von der Temperatur ist in den Kurven der Abb. 2 wiedergegeben.

Bis 1200°C brauchbar erwiesen sich die Nickel-Kohle-Elemente; bei diesen besteht der eine Schenkel aus einem Kohlerohr (etwa 80 cm Länge, 13 mm äußerer Dmr.) und der andere aus einem 2 mm dicken Nickeldraht, der durch ein Porzellanrohr isoliert durch das Kohlerohr hindurchgezogen ist, wobei die Hauptlötstelle des Thermoelements durch eine Verschraubung gebildet wird.

1100 bzw. 1200°C kann ebenfalls als obere Gebrauchstemperatur angesehen werden bei Elementen, deren einer Schenkel aus Nickel und deren anderer aus einer Chrom-Nickel-Legierung besteht, die ebenfalls in Form von Drähten oder Rohren hergestellt werden. Durch besonders hohe Thermokräfte zeichnet sich das Thermoelement Konstantan-Chromnickel aus (vgl. Abb. 2, Kurve *e*); als höchste Gebrauchstemperaturen kommen hier 800 bis 900°C in Betracht.

Bei systematischen Untersuchungen aller für derartige thermoelektrische Zwecke in Betracht kommenden Leiter und deren Legierungen wurde festgestellt, daß man die höchsten Thermokräfte erhält, wenn man eine Nickel-Legierung mit 16% Molybdän mit einer Legierung von etwa 50% Kupfer zusammensetzt. Für 1100° wird in diesem Falle eine Spannung von weit über 80 mV erreicht. Beide Legierungen sind jedoch nur bis etwa 800° brauchbar, da sie oberhalb dieser Temperatur zu rasch durch Oxydation zerstört werden.

Für die Messung von Temperaturen oberhalb des Platinschmelzpunktes kommen als Thermoelemente nur noch sehr wenige Werkstoffe in Frage. So wurde zur Bestimmung des Molybdänschmelzpunktes (2570°) ein Element benutzt, dessen einer Schenkel aus einer Legierung von 75% Wolfram und 25% Molybdän bestand und dessen anderer Schenkel reiner Wolframdraht war. Bei dieser Temperatur liefert es eine Spannung von 5,8 mV und verträgt Temperaturen bis über 3000°. Bedingung ist natürlich, daß dieses Element gut gegen korrodierende (insbesondere oxydierende) Einflüsse geschützt wird.

Bei den oben angeführten Thermoelementen ist in vielen Fällen auf den Einfluß von Verunreinigungen auf die Thermokraft näher eingegangen.

Für systematische Untersuchungen empfiehlt es sich stets, die einzelnen Werkstoffe, die für thermoelektrische Zwecke in Frage kommen, „thermoelektrisch zu charakterisieren", dies geschieht in der Weise, daß man ihre Thermokräfte gegen ein gemeinsames Bezugsmetall, im allgemeinen chemisch reines Platin, mißt. So sind in einem besonderen Abschnitt die thermoelektrischen Werkstoffe dargestellt worden.

Zum Schluß ist noch auf Thermoelemente, die besonderen Zwecken dienen, d. h. vor allem für Strahlungsmessungen, näher eingegangen. *eb.*

Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe.

VDE-Ausschuß für Isolierstoffe.

DK 621.315.614.6/.7(083.133.1)

VDE 0318a/IX. 39.

1. Änderung der ab 1. März 1938 gültigen Fassung.

Gültig ab 1. November 1939[1]).

Abweichungen der endgültigen Fassung von dem in ETZ 60 (1939) H. 20, S. 600 veröffentlichten Entwurf.

Zu §§ 4, 8 und 22:

Die Klassenbezeichnungen für Hartgewebeplatten, grobfädig, Baumwolle, und Hartgewebeplatten, feinfädig, Baumwolle, bleiben wie bisher G und F.

Die Klassenbezeichnungen für die entsprechenden Hartgewebeplatten aus Zellwolle werden in der Schreibweise geändert, und zwar in GZ und FZ, um Indices zu vermeiden.

Zu § 4. Gruppen. Grenzwerte.

Vor dem letzten Satz wird folgender Absatz eingefügt:

„Bezeichnungen der Gruppen 9 bis 14:

Außer den Angaben unter Gruppe 9 bis 14 über Stoff (Hartpapier, Hartgewebe) und Form (z. B. gewickeltes Rundrohr) sind bei Ausführung in Hartgewebe noch die Kurzzeichen unter Gruppe 5 bis 8, jedoch ohne die Bezeichnung „Klasse", anzugeben, d. h.

für Feingewebe (mehr als 2 Lagen je mm Wanddicke)	aus Baumwolle	*F*
	aus Zellwolle	*FZ*
für Grobgewebe (bis 2 Lagen je mm Wanddicke)	aus Baumwolle	*G*
	aus Zellwolle	*GZ*

Bezeichnungsbeispiel: Hartgeweberohr, gewickelt, nicht nachgepreßt, *GZ* (siehe auch DIN VDE 607 „Hartpapierrohr, Hartgeweberohr, gewickelt, nicht nachgepreßt"[2])).

Bei Ausführung in Hartpapier werden für die Gruppen 9 bis 14 keine Klassen unterschieden.

Bezeichnungsbeispiel: Hartpapier-Formstück."

In Tafel I werden folgende Änderungen vorgenommen:

Die Schlagbiegefestigkeit für Klasse *FZ* wird in 30 geändert.

Die Kerbzähigkeit wird für *GZ* und *FZ* auf 18 cmkg/cm² festgesetzt; hinter diesen Wert wird in Klammern „(Richtwert)" gesetzt. Die bisherige zweite Fußnote der Tafel mit der Kerbzähigkeit für *FZ* fällt dann fort.

In den senkrechten Spalten 10 bis 13 werden die Werte für den Oberflächenwiderstand und den Widerstand im Innern für die Klassen *GZ* und *FZ* von 10^6 in 10^4, von 10^4 in 10^3, von 10^5 in 10^3 und von 10^3 in 10^2 geändert.

In den senkrechten Spalten 11 und 13 wird in Übereinstimmung mit den §§ 17 und 18 die bisherige Angabe „Nach Vorbehandlung b", die unter Umständen zu Mißverständnissen führen kann, durch die genauere Angabe „Nach Vorbehandlung a + b" ersetzt.

In Spalte 18 werden keine Werte für tgδ angegeben.

Zu § 13a:

Nach dem 1. Satz wird eingeschoben: „(siehe Abbildung 5a)".

Abb. 5a.

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im September 1939.

[2]) In Vorbereitung.

Digitized by Google

Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren und für motorisch betriebene Elektrowerkzeuge.

VDE-Ausschuß für Geräte mit Kleinstmotoren und Elektrowerkzeuge.

DK 621.34–181.4(083.133) : 64 : 66/69

VDE 0735.

Entwurf.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Einspruchsfrist: 15. November 1939.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

a) Diese Vorschriften gelten für Erzeugnisse, die nach dem ...... hergestellt werden[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

a) Diese Vorschriften gelten für nachstehende Geräte:

1. Geräte mit Motor (Kleinstmotor), die für Verwendung im Haushalt, Büro, Landwirtschaft und Gewerbe bestimmt sind und bei denen der Motor eine Nennabgabe bis 500 W hat, und mit dem Gerät eine konstruktive Einheit bildet sowie solche Motoren, die infolge ihrer Ausbildung als besondere Geräte anzusehen sind, wie z. B. Küchenmotoren und Antriebsmotoren für Nähmaschinen.
2. Ortsveränderliche, tragbare Elektrowerkzeuge ohne Begrenzung der Leistung, bei denen der Motor mit dem Gerät eine konstruktive Einheit bildet, und die an das Werkstück, die Werkzeugmaschine oder an den Arbeitsplatz gebracht werden. Hierzu gehören auch Elektrowerkzeuge mit biegsamer Welle und Gelenkwelle.

b) Sie gelten nicht für

1. elektromedizinische Netzanschlußgeräte nach VDE 0750,
2. elektromedizinische Hochfrequenzgeräte nach VDE 0751,
3. Fernmeldegeräte nach VDE 0864,
4. Spielzeug nach VDE 0735[2]).

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

a) Nennspannung ist die Spannung, für die das Gerät gebaut und benannt ist.

b) Spannungsbereich ist der Bereich zwischen den auf dem Gerät angegebenen Nennspannungsgrenzen, für die das Gerät gebaut und benannt ist.

c) Nennfrequenz ist die Frequenz, für die das Gerät gebaut und benannt ist.

d) Frequenzbereich ist der Bereich zwischen den auf dem Gerät angegebenen Frequenzgrenzen, für die das Gerät gebaut und benannt ist.

e) Nennaufnahme ist die Leistungsaufnahme, die bei dem Anschluß des Gerätes an Nennspannung und Nennfrequenz — bei Spannungs- und Frequenzbereichen an die ungünstigste Spannung bzw. Frequenz — bei regelbaren Geräten bei höchster Regelstufe — bei betriebsmäßiger Belastung vorhanden sein soll und auf dem Gerät angegeben ist.

f) Nennstrom ist der Strom, der sich für die Nennaufnahme ergibt.

g) Nennabgabe des Motors ist die vom Motor bei Nennaufnahme an seiner Welle, bei eingebauten Übersetzungen an der Arbeitswelle, abgegebene Leistung.

h) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg auf der Oberfläche eines Isolierkörpers

zwischen Spannung führenden Teilen oder
zwischen Spannung führenden Teilen und anderen leitfähigen Teilen
oder zwischen Spannung führenden Teilen und solchen Stellen, die der Berührung zugänglich sind.

i) Luftstrecke ist der kürzeste Weg, gemessen in der Luftlinie

zwischen Spannung führenden Teilen oder
zwischen Spannung führenden Teilen und anderen leitfähigen Teilen oder
zwischen Spannung führenden Teilen und solchen Stellen, die der Berührung zugänglich sind.

k) Motor im Sinne dieser Vorschriften ist jede Vorrichtung, die zur Umsetzung von elektrischer in mechanische Energie dient.

l) Der Schutzkragen des Geräte- bzw. Maschinensteckers ist eine Vorrichtung am Gerät, die beim Einführen der Steckdose als Berührungsschutz und gegebenenfalls als Schutzkontakt dient sowie die Kontaktstifte und deren Isolation gegen überlaufende Flüssigkeit und vor mechanischer Beschädigung schützt.

m) Schutzleitung ist der Sammelbegriff für die leitende Verbindung zwischen dem zu schützenden Gerät und dem Erder (bei Erdung), dem Nulleiter (bei Nullung) oder dem Schutzschalter (bei Schutzschaltung).

n) Temperaturregler sind Vorrichtungen, die die Temperatur eines Gerätes durch selbsttätiges Ein- und Ausschalten oder Ändern des Betriebsstromes innerhalb bestimmter Grenzen gleichhalten.

o) Betriebswarmer Zustand ist der Zustand, der bei einem dem Verwendungszweck der Geräte entsprechenden Gebrauch vorhanden ist, wenn sie an die Nennspannung bei der

[1]) Genehmigt durch ....

[2]) In Vorbereitung.

Digitized by Google

Nennfrequenz angeschlossen sind. Als Grenztemperatur für die Umgebung gilt + 35°.

Als dem Verwendungszweck entsprechender Gebrauch ist z. B. zu betrachten:

wenn Staubsauger in gebrauchsfertigem Zustand bei offener größter Ansaugdüse und Ausblasöffnung und bei ordnungsgemäßer Verwendung des Staubsackes betrieben werden;
wenn Bohnermaschinen bei normaler Betätigung auf einer glatten Hartholzplatte betrieben werden;
wenn Waschmaschinen in mit Wasser bis zum Nenninhalt gefülltem Zustand und mit der in den Behandlungsvorschriften angegebenen Menge Waschgut betrieben werden;
wenn Wäscheschleudern bei Füllung mit nasser Wäsche bis zum Nenninhalt betrieben werden;
wenn Geschirreiniger in mit Wasser bis zum Nenninhalt gefülltem Zustand betrieben werden;
wenn Laubsägemaschinen, Motoren für Nähmaschinen, Büromaschinen, Messerschleifmaschinen, Küchenmotoren, Schallplattenlaufwerke und Motoren für Reklamezwecke, ferner Massagegeräte, Haarscheren, Rasiergeräte, Kaffeemühlen, Ventilatoren, Handtrockner, Luftduschen, Kühlschränke, Bügelmaschinen und Uhren bei der auf dem Gerät angegebenen Nennleistung und Betriebszeit (siehe § 23) betrieben werden.

III. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 4.

Spannungen.

a) Die Geräte sind nur für Nennspannungen bis 250 V zulässig, bei Drehstrom mit geerdetem Nullpunkt bis 380 V.

Geräte und Elektrowerkzeuge, die an Werkzeugmaschinen angebaut werden, sind bis 500 V, solche für Arbeiten im Gleichstrombahnbetrieb bis 700 V zulässig. (Sonderbestimmungen in Vorbereitung.)

b) Die Geräte müssen auch bei einer um ± 10% von der Nennspannung abweichenden Spannung gebrauchsfähig sein. Geräte mit Angabe eines Spannungsbereiches müssen auch bei einer um + 10% von der oberen und — 10% von der unteren Spannungsgrenze abweichenden Spannung gebrauchsfähig sein.

c) Geräte, die ohne Werkzeug für verschiedene Spannungen oder Stromarten umschaltbar sind, dürfen

in der Schaltstellung der niedrigsten Spannung bei Anschluß an die höchste Spannung oder
in der Schaltstellung für eine Stromart bei Anschluß an die andere Stromart

keine Gefährdung von Personen oder der Umgebung hervorrufen.

§ 5.

Aufnahme.

a) Für die Aufnahme im betriebswarmen Zustand sind Abweichungen bei Geräten bis 100 W Aufnahme von ± 35%, über 100 W Aufnahme von ± 15% der Nennaufnahme zulässig, bei Geräten für Gleich- und Wechselstrom bezogen auf die Nennaufnahme bei der betreffenden Stromart.

B. Bau.

§ 6.

Schutz gegen zufällige Berührung.

a) Unter Spannung stehende Teile müssen — auch an den Grundflächen der Geräte — gegen zufällige Berührung geschützt sein.

b) Lackierung, Emaillierung, Oxydierung oder dgl. gilt nicht als Isolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

c) Schutzgitter müssen so beschaffen sein, daß die unmittelbare Berührung Spannung führender Teile verhindert ist.

d) Geräte, bei denen gebrauchsmäßig leitende Gegenstände z. B. Messer bei Messerputzmaschinen, verwendet werden, müssen so gebaut sein, daß einer Berührung Spannung führender Teile durch diese Gegenstände vorgebeugt ist.

§ 7.

Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung.

a) Zusätzlicher Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung im Sinne des § 3 von VDE 0100/XII.38 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V" kann erreicht werden durch

Isolierung (die der Berührung zugänglichen leitfähigen Teile der Geräte sind durch besondere Isolierung gegen Annahme von Spannung geschützt bzw. der Berührung entzogen);
Kleinspannung (Kleinspannungen sind Betriebsspannungen bis 42 V);
Erdung, Nullung oder Schutzschaltung (siehe VDE 0140 „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V").

b) Falls die Geräte nicht für Kleinspannung bestimmt sind, muß die Möglichkeit einer Erdung, Nullung oder Schutzschaltung aller der Berührung zugänglichen Metallteile, die durch Schäden oder durch andere Unregelmäßigkeiten Spannung gegen Erde annehmen können, gegeben sein.

Zu diesem Zweck dient bei Geräten mit Gerätestecker der Schutzkragen des Gerätesteckers als Schutzkontakt. Bei Geräten ohne Gerätestecker ist fabrikationsmäßig eine Anschlußschraube für die Schutzleitung vorzusehen, die in der Nähe der Anschlußschrauben für die Strom führende Zuleitung anzuordnen ist.

Die Anschlußschraube für die Schutzleitung muß aus einem Werkstoff bestehen, dessen Oberflächenleitfähigkeit durch Oxydation nicht merklich herabgesetzt wird.

Die Kontaktflächen an der Anschlußschraube für die Schutzleitung (Schraubenkopf sowie Unterlage) müssen metallisch blank sein. Die Bestimmungen des § 10 b) bis d) sind zu erfüllen.

Die Anschlußstelle für die Schutzleitung ist durch das Erdungszeichen nach DIN VDE 11 zu kennzeichnen.

Alle der Berührung zugänglichen, nicht Spannung führenden Metallteile der Geräte, die durch Schäden oder durch andere Unregelmäßigkeiten Spannung gegen Erde annehmen können, müssen miteinander und mit der Anschlußschraube für die Schutzleitung bzw. mit dem Schutzkragen des Gerätesteckers gut leitend verbunden sein. Hierzu gehören auch der Berührung zugängliche Schutzwendeln bei festen Anschlußleitungen, auch wenn sie in besonderen Isolierstücken oder Isoliergehäusen befestigt sind.

c) Sofern in den Sonderbestimmungen Schutzmaßnahmen in jedem Falle vorgeschrieben sind, muß, falls nicht Isolierung oder Kleinspannung angewendet wird, Erdung, Nullung oder Schutzschaltung angewendet werden, d. h. feste Anschlußleitungen müssen Schutzleiter, etwa angeschlossene Wandstecker einen Schutzkontakt haben.

§ 8.

Mechanischer Aufbau.

a) Die Geräte müssen den im Betrieb durch Wärme, Feuchtigkeit, Erschütterungen und andere mechanische Einwirkungen auftretenden Beanspruchungen standhalten und so widerstandsfähig sein, daß hierdurch oder durch Fall oder Stöße, die im ordnungsmäßigen Gebrauch auftreten, weder Spannung führende Teile freigelegt werden noch mit den der Berührung zugänglichen leitfähigen Teilen in Berührung kommen können.

b) Bei den Geräten mit Anwurfmotoren muß der Motor durch eine im Gerät oder Motor eingebaute Sicherungseinrichtung gegen Beschädigung der Wicklung (Überhitzung) geschützt sein.

c) Spannung führende Teile, ihre Träger und benachbarten Metallteile müssen derart in ihrer Lage gesichert sein, daß die Kriech- und Luftstrecken nach § 9 nicht unterschritten werden.

d) Abdeckungen Spannung führender Teile, z. B. von Klemmen, Bürstenhaltern u. dgl., müssen zuverlässig befestigt und dürfen nicht ohne Werkzeug abnehmbar sein.

e) Isolierteile, die mit Spannung führenden Teilen in Berührung kommen, müssen dem Verwendungszweck entsprechend feuer- und wärmesicher sowie genügend mechanisch fest sein. Isolierteile, die nicht feuchtigkeitssicher sind, müssen noch besonders von den der Berührung zugänglichen Metallteilen isoliert sein.

§ 9.

Kriech- und Luftstrecken.

a) Kriech- und Luftstrecken dürfen 4 mm nicht unterschreiten.

b) Vergußmasse gilt nicht als Isolierung oder Sicherung gegen Lockern. Etwa vorhandene Vergußmasse wird vor den in Betracht kommenden Prüfungen entfernt.

§ 10.

Verbindungsstellen.

a) Schrauben für elektrische Verbindungsstellen müssen aus Metall bestehen; der Kontaktdruck muß über Metall über-

Digitized by Google

tragen und von metallenem Muttergewinde aufgenommen werden.

b) Isolierstoffmuttergewinde für Befestigungsschrauben müssen ein zehnmaliges Festziehen und vollständiges Lösen der Schrauben mit Drehmomenten nach Tafel I aushalten.

Tafel I.

1	2	3
Gewindedurchmesser in mm	Drehmoment in kgcm	
	Kopfschrauben	Gewindestifte
2,6	4	2
3	5	2,5
3.5	8	4
4	12	7
5	20	8
6	25	13

Das ordnungsmäßige Eingreifen des Schraubengewindes in das Muttergewinde beim Einsetzen der Schraube muß gewährleistet sein. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn z. B. eine übermäßige Schiefstellung der Schraube vor dem Anziehen durch eine Führung in dem zu befestigenden Teil verhindert wird oder durch eine Einsenkung des Muttergewindes oder durch einen Führungszapfen an der Schraube selbst das richtige Eingreifen des Gewindes erleichtert wird.

c) Werkstoffe, deren Oberflächenleitfähigkeit durch Oxydation merklich herabgesetzt wird, sind für elektrische Verbindungsstellen nur zulässig, wenn die Verbindungsstelle nicht nachteilig durch Oxydation beeinflußt wird.

d) Elektrische Verbindungsstellen müssen so ausgeführt sein, daß sie sich durch betriebsmäßige Erwärmung, Erschütterungen oder Veränderung von Isolierstoffen nicht lockern können.

e) Beim Lösen Strom führender Verbindungsstellen dürfen Befestigungen von Geräteteilen nicht beeinträchtigt werden.

§ 11.

Innere Verbindungsleitungen.

a) Die Isolation der im Innern der Geräte liegenden Leitungen darf nicht durch scharfe Kanten u. dgl. beschädigt werden können.

b) Die lichte Weite aller Durchgänge, durch die Leitungen gehen, muß mindestens den Maßen in Tafel II entsprechen.

e) Verbindungsleitungen aus Stahl sind gegen Rost zu schützen.

§ 12.

Motoren.

Für Motoren gilt VDE 0530 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen".

§ 13.

Kondensatoren.

a) Für Entstörungskondensatoren gilt VDE 0870 „Leitsätze für Kondensatoren der Rundfunk- und Entstörungstechnik".

b) Für Starkstrom-Kondensatoren gilt VDE 0560 „Leitsätze für ruhende elektrische Kondensatoren in Starkstromanlagen".

c) Die mit den Geräten baulich vereinigten Kondensatoren sind bei den Prüfungen ohne Abschaltung mitzuprüfen.

§ 14.

Schalt- und Regelvorrichtungen.

a) Ortsfeste Geräte müssen allpolig abschaltbar sein. Bei ortsveränderlichen Geräten wird die allpolige Abschaltung mittels der Steckvorrichtung als gleichwertig erachtet.

b) Schaltvorrichtungen müssen den in Frage kommenden VDE-Bestimmungen entsprechen[3]).

c) Bei Schaltern und Reglern müssen die Regelstellungen zunächst durch Wörter, Ziffern oder Zeichen eindeutig erkennbar und die Übereinstimmung von Regelstellen und Anzeigen gewährleistet sein; bei Anwendung von Ziffern muß die größere Aufnahme durch den höheren Zahlenwert, die Ausschaltstellung durch die Ziffer 0 gekennzeichnet werden. Bei Zeichen ist sinngemäß zu verfahren, z. B.

Ziffern	0	3	2	1
Zeichen z. B.	O	‖‖	‖	ǀ

Diese Forderung gilt auch bei eingebauten Schaltern und Reglern.

d) Mit dem Gerät zusammengebaute sowie im Handbereich liegende Anlasser und Regler dürfen sich an keiner Stelle ihres Gehäuses um mehr als 60° erwärmen.

§ 15.

Geräte mit festen, nur mit Werkzeug lösbarem Leitungsanschluß.

a) Die Geräte oder Geräteteile müssen Schraubvorrichtungen zum Anschluß der Leitungen haben. Diese Vorrichtungen müssen so eingerichtet sein, daß ein Verdrehen oder Lockern ihrer Einzelteile beim Fest- oder Losschrauben der Leitungen vermieden wird.

Tafel II.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Querschnitt	NSAR				NLG		NLH					
	2-fach		3-fach		2-fach		2-fach		3-fach		4-fach	
	L	*B*	*L*	*B*	*L*	*B*	*L*	*B*	*L*	*B*	*L*	*B*
mm²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,75	6,4	7,0	6,8	7,5	5,8	7,0	6,2	7,0	6,6	7,0	7,2	8,0
1	6,8	7,5	7,2	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Querschnitt	NMH						NSH					
	2-fach		3-fach		4-fach		2-fach		3-fach		4-fach	
	L	*B*	*L*	*B*	*L*	*B*	*L*	*B*	*L*	*B*	*L*	*B*
mm²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,75	7,4	8,0	7,9	8,5	8,7	9,5	—	—	—	—	—	—
1	8,2	9,0	8,7	9,5	9,3	10,0	—	—	—	—	—	—
1,5	9,2	10,0	9,7	10,5	10,5	11,5	13,5	14,5	14,5	15,5	15,5	16,5
2,5	11,0	12,0	12,0	13,0	13,0	14,0	16,0	17,0	17,0	18,0	18,0	19,0
4	12,5	13,5	13,0	14,0	14,5	15,5	17,5	18,5	18,5	19.5	19,5	20.5

L = äußerer Durchmesser der Leitung in mm *B* = lichte Weite (Bohrung) der Leitungsdurchführung in mm

c) Gelenke, durch die Leitungen geführt werden, müssen den nachstehenden Forderungen genügen:

1. In keiner Stellung des Gelenkes darf die eingezogene Leitung gedrückt oder geklemmt werden.
2. Stutzen dürfen bei ihrem Übergang in den Innenraum des Gelenkes keine Verengungen aufweisen. Der Übergang muß gut gerundet sein.

d) Die Anschlußenden mehrdrähtiger Leiter müssen gegen Abspleißen einzelner Drähte zuverlässig gesichert sein.

---

[3]) Zur Zeit gilt:
VDE 0632 „Vorschriften für Schalter bis 750 V 25 A",
VDE 0631 „Leitsätze für Temperaturbegrenzer und Temperaturregler",
VDE 0650 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeraten".

Digitized by Google

b) Bei Geräten, die nicht eindeutig für den Anschluß festverlegter Leitungen eingerichtet sind, muß die Zuleitung durch eine besondere Vorrichtung von Zug entlastet, die Leitungsumhüllungen gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert werden können.

Leicht verlierbare Teile, wie lose eingelegte Schellen, Keile, Ringe usw., sind unzulässig. Stopfbuchsverschraubungen sind zulässig.

§ 16.

Geräte mit festangeschlossener beweglicher Zuleitung.

a) Der Anschluß der Zuleitung muß durch Schraubklemmen erfolgen. Diese Klemmen müssen gegen Verdrehen oder Lockern beim Fest- oder Losschrauben der Leitungen gesichert sein.

b) Die Anschluß- und Einführungsstellen müssen für Zuleitungen mit und ohne Schutzleiter geeignet sein.

c) Die festangeschlossene Zuleitung muß durch eine besondere Vorrichtung von Zug entlastet, die Leitungsumhüllungen gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert sein.

Die Wirkungsweise der Zugentlastung muß eindeutig erkennbar und mechanisch einwandfrei sein. Unstatthaft ist das Verknoten der Leitung in sich, das Festbinden der Leitung am Gerät, das Anbringen eines Wulstbundes u. dgl. Leicht verlierbare Teile, wie Ringe, Keile usw., sind unzulässig. Die Zugentlastungsvorrichtung darf nicht Spannung führend und muß so beschaffen sein, daß eine mechanische Beschädigung der zugentlasteten Leitung vermieden wird. Stopfbuchsverschraubungen sind zulässig.

§ 17.

Gerätestecker.

Für Gerätestecker gelten die einschlägigen VDE-Bestimmungen und DIN VDE-Normen[4]).

§ 18.

Leitungen.

a) Für Zuleitungen gilt VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen".

b) Bei Anschlußleitungen mit Schutzleiter muß dieser den gleichen Querschnitt wie die anderen Leiter haben. Es sind daher drei- oder mehradrige Leitungen zu verwenden.

c) Als Schutzleitung ist die rote Ader zu verwenden.

d) In beweglichen Metallschläuchen sind Leitungen nur zulässig, wenn die Metallschläuche einen wesentlichen Bestandteil des Gerätes bilden und die Leitungen vor Beschädigung an scharfkantigen Teilen des Metallschlauches, z. B. durch innere Schlauchauskleidung, geschützt sind.

Metallschläuche dürfen als Schutzleitung nicht verwendet werden, sie sind jedoch mit der Anschlußstelle für die Schutzleitung leitend zu verbinden. Der Metallschlauch muß gegen Strecken entlastet sein.

§ 19.

Schutz der Anschlußleitung an der Einführungsstelle.

a) Die Einführungsstellen der Anschlußleitungen müssen so ausgebildet sein, daß übermäßige Beanspruchungen der Leitungen durch Biegung an diesen Stellen nicht vorkommen können. Metallschläuche dürfen als Einführungsschutz nicht verwendet werden.

b) Schutzmittel an der Leitungseinführungsstelle dürfen keine scharfkantigen Teile haben und sich im Gebrauch vom Gerät nicht lösen. Etwa vorhandene Tüllen am freien Ende der Schutzmittel müssen zuverlässig befestigt und von hinreichender mechanischer Festigkeit sein.

c) Metallene Schutzmittel an der Leitungseinführungsstelle müssen mit der Anschlußschraube für die Schutzleitung gut leitend verbunden sein.

§ 20.

Steckvorrichtung.

a) Für Wandstecker gilt VDE 0620 „Vorschriften für Steckvorrichtungen bis 750 V 100 A".

[4]) Zur Zeit gilt:
VDE 0620 „Vorschriften für Steckvorrichtungen bis 750 V 100 A",
VDE 0625 „Vorschriften für 2-polige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre 10 A 250 V für Hand- und Elektrowärmegeräte",
VDE 0626 „Vorschriften für 2-polige Gerätesteckdosen 10 A 250 V mit Schutzkontakt",
DIN VDE 9490 „2-polige Gerätesteckvorrichtung 10 A 250 V",
DIN VDE 9493 „Klein-Gerätesteckvorrichtung 6 A 250 V".

b) Für Sondersteckvorrichtungen gelten vorstehende Bestimmungen sinngemäß.

c) Sondersteckvorrichtungen dürfen mit den genormten nicht verwechselbar sein.

§ 21.

Aufschriften.

a) Aufschriften müssen dauerhaft und gut leserlich ausgeführt sein.

b) Auf dem Gerät ist, soweit nicht in den Sonderbestimmungen abweichende Angaben enthalten sind, von außen deutlich erkennbar anzugeben:

1. Ursprungs- oder Herstellerzeichen;
2. Betriebsart, falls erforderlich. (Außerdem soll ein entsprechender Hinweis auch in der Gebrauchsanweisung enthalten sein.)
3. Nennspannung oder Spannungsbereich;
4. Stromart, wenn das Gerät nur für eine Stromart bestimmt ist;
5. Nennaufnahme, bezogen auf die Nennspannung, bei einem Spannungsbereich bezogen auf die Spannungsgrenzen. Sind die Aufnahmen bei Gleich- und Wechselspannung verschieden, so ist der höhere Wert anzugeben. Geräte, die auf mehrere Spannungen umschaltbar sind, sind entsprechend zu kennzeichnen;
6. Frequenz, falls von 50 Per/s abweichend.

Beispiel für die Aufschriften:

Ursprungszeichen 220 V 300 W	Ursprungszeichen 200 ··· 240 V 250 W 320 W	Ursprungszeichen 110 V — 125 V∼ 150 W 170 W
Ursprungszeichen 125 V 170 W Nur für Wechselstrom	Ursprungszeichen 125 V ∼ 170 W	Ursprungszeichen 220 V 100 W 5 min

c) An Geräten, die für verschiedene Spannungen und Stromarten umschaltbar sind, muß eine entsprechende Kennzeichnung der Klemmen oder Angabe des Schaltbildes vorhanden sein.

C. Prüfung.

§ 22.

Allgemeines.

a) Alle Geräte müssen außer den Bestimmungen in den §§ 1 bis 21 den nachstehenden Prüfbestimmungen genügen, soweit nicht in den Sonderbestimmungen für einzelne Geräte abweichende Angaben enthalten sind.

b) Als Bezugstemperatur gelten Raumtemperaturen bis + 35°.

c) Geräte für beide Stromarten sind mit der ungünstigsten Stromart zu prüfen.

d) Bei Geräten mit Regelbereich sind die Prüfungen unter den ungünstigsten Betriebsbedingungen, bei Spannungs- oder Frequenzbereich mit der ungünstigsten Spannung bzw. Frequenz durchzuführen.

e) Geräte, die ohne Werkzeug für verschiedene Spannungen umschaltbar sind, müssen die Prüfungen mit der höchsten Spannung auch in der Schaltstellung der niedrigsten Spannung aushalten.

f) Die Modellprüfung in der Reihenfolge der §§ 23 und 24 sowie die Prüfungen in den Sonderbestimmungen sind als Stichprüfungen, die Stückprüfung nach § 25 ist an jedem Stück vorzunehmen. Die Stückprüfung hat den Zweck, Werkstoff- und Ausführungsfehler festzustellen.

1. Modellprüfung.

§ 23.

Elektrische Prüfungen.

a) (Vorprüfung). Alle Spannung führenden Teile der Geräte müssen bei Raumtemperatur gegen die berührbaren Metallteile des Gerätes eine praktisch sinusförmige Wechselspannung von 2 U + 500 V, mindestens 1000 V, bei 50 Per/s 1 s lang aushalten, ohne daß Durch- oder Überschlag eintritt. Die Prüfspannung ist auf der Hochspannungsseite zu messen und während der Prüfdauer gleichzuhalten. Das Gerät soll sich hierbei im normalen Zustand befinden, beispielsweise nicht bei ungünstigen Beförderungs- und Lagerungsverhältnissen unter Feuchtigkeit gelitten haben.

b) Die Aufnahme der Geräte — bei Elektrowerkzeugen die Abgabe — wird bei Nennspannung und Nennfrequenz und betriebsmäßiger Belastung bzw. dem in den Sonderbestim-

Digitized by Google

mungen festgelegten Betriebszustand festgestellt (Beispiele für Prüfzeiten siehe Tafel III).

Tafel III.
Prüfzeiten.

Geräteart	Prüfzeit
Selbsttätige Bildwerfer	dauernd
Bohnermaschinen	60 min
Butterkneter	30 min
bewegte Figuren	dauernd
Drehteller	dauernd
Drehtüren	dauernd
Gebläse	dauernd
Haarschneidemaschinen	30 min
Haartrockner	dauernd gewerblich 30 min Haushalt
Handbohnermaschinen	bis 150 W Nennabgabe 30 min über 150 W 60 min
Händetrockner	nach Angabe
Kaffeemühlen	nach Angabe
Küchenmaschinen	nach Angabe
Kühlschränke	dauernd bei ungünstigster Reglerstellung ohne Inhalt
Lichtpausmaschinen	dauernd
Lichtreklame (Schaltgeräte)	dauernd
Lüfter	dauernd
Massagegeräte	30 min
Melkmaschinen	dauernd
Milchzentrifugen	30 min
Modellantriebe	dauernd
Musikautomaten	dauernd
Nähmaschinen	nach Angabe
Plattenspieler	dauernd
Pumpen	dauernd Kühlmittelpumpen 60 min Hauswasserpumpen mit Windkessel
Rasiermaschinen	30 min
Rübenschneider	60 min
Sahneschläger	nach Angabe
Schermaschinen	dauernd
Schleifeinrichtungen	30 min
Schreibmaschinen und sonstige Büromaschinen	nach Angabe
Signalgeräte	AB 10%
Sortiermaschinen	dauernd
Staubsauger	60 min
Uhren	dauernd
Umformer	dauernd
Verkaufs- und Spielautomaten	AB 10%
Waagen	AB 10%
Waschmaschinen	30 min
Wäschemangeln	dauernd
Wäscheschleudern	nach Angabe
Windfegen	dauernd

c) Zur Prüfung der Wicklungserwärmung des Motors entsprechend VDE 0530 werden die Geräte bei Nennspannung und Nennfrequenz betriebsmäßig belastet bzw. in den in den Sonderbestimmungen angegebenen Betriebszustand versetzt.

Soweit in den Sonderbestimmungen besondere Angaben nicht enthalten sind, wird die Messung nach Erreichen der Enderwärmung, bei Geräten mit Angaben über Betriebszeit [siehe § 21 b)] entsprechend diesen Angaben durchgeführt.

Die Temperaturendwerte dürfen die in § 39 von VDE 0530/XII. 37 festgelegten nicht überschreiten.

d) Unmittelbar im Anschluß an die Belastungsprüfung nach c) ist eine Spannungsprüfung nach a) 1 min lang vorzunehmen. Zur Vermeidung von Einschaltstößen ist die Spannung vom halben Wert innerhalb 10 s bis zum Endwert gleichmäßig zu steigern.

e) Hierauf sind die Geräte auf etwa 35° zu erwärmen und danach 24 h in einer Prüfvorrichtung nach DIN VDE ... bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von mindestens 80% und bei einer Temperatur von $30 \pm 2°$ zu lagern.

Unmittelbar nach der Lagerung im Feuchtigkeitskasten wird der Prüfling einer Spannungsprüfung nach d) unterzogen.

f) Die Geräte müssen eine nochmalige Prüfung nach c) mit 1,05-facher Nennspannung aushalten, wobei die Temperaturendwerte nach § 39 von VDE 0530/XII.37 um höchstens 5° überschritten werden dürfen (siehe § 65 von VDE 0530/XII.37).

g) Geräte, für die Sonderprüfbestimmungen bestehen, müssen im Anschluß an die Prüfung nach f) diesen genügen.

h) Bestimmungen über die Messung des Ableitstromes in Vorbereitung.

§ 24.

Mechanische Prüfung.

a) Ortsveränderliche Geräte müssen in der normalen Gebrauchslage genügende Standfestigkeit aufweisen.

2. Stückprüfung.

§ 25.

a) Alle Geräte sind auf Innehaltung der auf dem Schild angegebenen Nennaufnahme bzw. Nennabgabe zu prüfen.

b) Hiernach müssen die Spannung führenden Teile der Geräte eine Wechselspannung von $2\,U + 500$ V, mindestens aber 1250 V, 1 s lang gegen Körper bei Raumtemperatur aushalten, ohne daß Durch- oder Überschlag eintritt.

3. Reparierte Geräte.

§ 26.

a) Nach Reparatur und Änderungen an Geräten oder Geräteteilen muß die Stückprüfung nach § 25 vorgenommen werden.

b) Bei Geräten mit nicht erneuerter Wicklung genügt dabei eine Prüfspannung von der doppelten Nennspannung, mindestens aber 500 V Wechselspannung.

IV. Sonderbestimmungen.

Außer den vorstehenden §§ 1 bis 26 müssen die Geräte nachstehenden Sonderbestimmungen, soweit sie auf den Verwendungszweck und die Konstruktion anwendbar sind, entsprechen. Z. B. gelten für Handmassagegeräte außerdem die §§ 27, 28 und 29.

A. Geräte, die während ihrer Benutzung in der Hand gehalten werden.

§ 27.

a) Der Handgriff von Geräten — mit Ausnahme von Elektrowerkzeugen — darf aus Metall nur bestehen, wenn er von solchen Metallteilen, die Spannung annehmen können, isoliert ist. Er muß so gestaltet sein, daß ein Berühren benachbarter Metallteile des Gerätes, die Spannung annehmen können, erschwert ist.

b) Bei Auflegen von Geräten mit belüfteten Motoren auf eine ebene Fläche darf die Luftzufuhr nicht unzulässig behindert werden.

c) Die zufällige Berührung umlaufender Teile und das Eindringen von festen Fremdkörpern muß erschwert sein.

d) Die Geräte sind aus einer Höhe von 80 cm viermal auf Holzfußboden (Buche, 5 cm dick) fallen zu lassen, und zwar nacheinander aus vier verschiedenen waagerechten Lagen, die gegeneinander um die Längsachse um je 90° verdreht sind.

Bei dieser Prüfung dürfen die Gehäuse nicht Spannung führend, noch dürfen Spannung führende Teile oder Metallteile, die Spannung annehmen können, freigelegt werden.

e) Die in § 23 e) vorgeschriebene Prüfung ist auf die Isolation des Handgriffs auszudehnen.

B. Körperbehandlungsgeräte.

(Geräte, die zur Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers dienen und dabei gebrauchsmäßig mit ihm in Berührung stehen.)

§ 28.

a) Schutzmaßnahmen nach § 7 c) sind in jedem Falle anzuwenden.

b) Bei Handhaarschneidemaschinen darf das Gehäuse aus Metall bestehen, wenn es von Metallteilen, die Spannung annehmen können, isoliert ist. Trotz dieser Isolierung müssen alle Metallteile, die Spannung annehmen können, z. B. das Motorgehäuse, an einen Schutzleiter angeschlossen sein.

c) Metallteile, die beim Gebrauch mit dem Körper in Berührung kommen, z. B. das Messer bei Haarschneidemaschinen, Befestigungsschraube für Isolierhandgriff und Messerkopfträger, sind auch von Metallteilen, die Spannung annehmen können, zu isolieren.

d) Kriechstrecken zwischen Spannung führenden Teilen bzw. Teilen (Motor bzw. Magnet), die Spannung annehmen können und den der Berührung zugänglichen Metallteilen müssen mindestens 6 mm sein.

e) Die in § 23 e) vorgeschriebene Prüfung ist auch auf diese Isolation auszudehnen.

f) Für hängende Haarschneidemaschinen ist außer der isolierenden Kupplung noch eine isolierende Aufhängung vorzusehen.

C. Geräte mit Heizkörper.

§ 29.

a) Für Heizkörper gilt VDE 0720 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte für Spannungen bis 250 V gegen Erde".

b) Der Heizkörper muß so angeordnet sein, daß auch beim Durchbrennen oder Bruch des Heizleiters der Berührung zugängliche Metallteile nicht Spannung führend werden.

c) Bei Geräten, die gebrauchsmäßig in der Hand gehalten werden, muß die Abdeckung über dem Heizkörper aus Isolierstoff bestehen oder mit Isolierstoff ausgekleidet sein. Das Gehäuse darf sich nicht um mehr als 80° erwärmen.

d) Bei Geräten mit belüftetem Heizkörper muß die Schaltung so gewählt sein, daß eine Überhitzung des Heizkörpers nicht eintreten kann.

e) Auch bei Auflegen des Gerätes mit der Lufteintrittsöffnung auf eine ebene Fläche muß eine ausreichende Luftzufuhr vorhanden sein.

f) Widerstände zur Einschaltung der Geräte müssen den gleichen Anforderungen für Heizkörper genügen.

D. Geräte zur Förderung von Luft.

§ 30.

a) Staubhaltige Luft muß so geführt sein, daß die Wirkungsweise und Isolation nicht unzulässig beeinträchtigt wird.

b) Motor und Fächer von Staubsaugern müssen gegen Eindringen von Fremdkörpern wie kleine Metallteile geschützt sein.

c) Bei Luftduschen muß das Eindringen von Haaren erschwert sein.

E. Geräte mit Biegewelle.

§ 31.

a) Die Biegewelle und deren Schutzschlauch sind von Metallteilen, die Spannung annehmen können, zu isolieren, wenn die Biegewellen zum Antrieb von Körperbehandlungsgeräten benutzt werden. Die Kriechstrecken an der isolierenden Kupplung müssen mindestens 6 mm sein.

Der Übertritt der Schmiermittel des Motors über diese Kriechstrecken auf die Biegewelle muß erschwert sein.

b) Die in § 23 e) vorgeschriebene Prüfung ist auch auf die Isolierung der Kupplung auszudehnen.

F. Geräte, die gebrauchsmäßig mit Wasser oder sonstiger leitender Flüssigkeit in Berührung kommen.

§ 32.

a) Spannung führende und isolierende Teile müssen gegen überlaufende Flüssigkeit geschützt sein.

b) Der Schutz gegen Eindringen von Flüssigkeit ist dem Verwendungszweck des Gerätes anzupassen (Schutzarten siehe VDE 0530/XII. 37, § 19).

c) Schutzmaßnahmen nach § 7 c) sind in jedem Falle anzuwenden.

G. Geräte, die betriebsmäßig in feuchten Räumen verwendet werden.

§ 33.

a) Schutzmaßnahmen nach § 7 c) sind in jedem Falle anzuwenden.

H. Geräte für feuergefährdete Räume.

§ 34.

a) Die Bestimmungen des § 34 von VDE 0100/X.38 sowie behördliche Bestimmungen sind zu beachten.

I. Geräte für schlagwetter- und explosionsgefährdete Räume.

§ 35.

a) Für schlagwettergeschützte Geräte gilt DIN VDE 0170 „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte".

b) Für explosionsgeschützte Geräte gilt DIN VDE 0171 „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte".

K. Elektrowerkzeuge.

§ 36.

Unfallverhütungsvorschriften.

a) Elektrowerkzeuge müssen hinsichtlich Umfangsgeschwindigkeit, Werkzeugbefestigung und Schutzvorrichtungen den Unfallverhütungsvorschriften der deutschen gewerblichen und landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften entsprechen. In den Vorschriften angegebene Höchstwerte dürfen bei Leerlauf der Maschinen und bei der ungünstigsten Stromart — bei Spannungsbereichen bei der höchsten Spannung, bei Frequenzbereichen bei der höchsten Frequenz — nicht überschritten werden.

§ 37.

Schutzmaßnahmen.

a) Schutzmaßnahmen nach § 7 c) sind in jedem Falle anzuwenden.

Bezüglich Elektrowerkzeugen mit Biegewelle siehe § 31.

§ 38.

Kapselung.

a) Hand-, Support- und Bankschleifmaschinen sind zu kapseln oder so zu schützen, daß eine Überbrückung der Spannung führenden, blanken, nicht isolierten Teile im Innern der Maschine durch Staub oder dgl. dauernd verhindert wird.

§ 39.

Schalter.

a) Jedes Elektrowerkzeug ist mit einem in Reichweite des Arbeiters liegenden Schalter zur zuverlässigen Ausschaltung des Elektrowerkzeuges zu versehen. Bei Leistungen über 150 W Nennabgabe müssen die Schalter die Wicklungen und sonstigen Strom führenden Teile spannungslos machen.

b) Schalter müssen gegen mechanische Beschädigungen durch Metall- oder gleichwertige Kapselung geschützt sein. Schutzmaßnahmen nach § 7 sind auf den Schalter auszudehnen.

c) Falls das Bedienungsteil nicht aus Isolierstoff besteht oder eine Isolierung nicht vorhanden ist, muß die Achse und das Bedienungsteil mit der Schutzleitung zuverlässig in leitender Verbindung stehen.

§ 40.

Zuleitungsanschluß.

a) Entgegen § 16 a) ist bei Elektrowerkzeugen Lötung und Schweißung zulässig.

§ 41.

Aufschriften.

a) Auf dem Elektrowerkzeug sind anzugeben:

1. Ursprungs- oder Herstellerzeichen,
2. Fertigungsnummer,
3. Nennspannung in V oder Spannungsbereich,
4. Stromart falls erforderlich,
5. Nennabgabe,
6. Frequenz falls erforderlich.

b) Außer den Angaben unter a) bei Handbohrmaschinen:

7. Schutzart,
8. Nenndrehzahl der Arbeitsspindel bei Nennabgabe.

Bei Maschinen für Gleich- und Wechselstrom ist die Drehzahl bei Wechselstrom, bei Bohr- und Aufreibemaschinen der höchstzulässige Bohrdurchmesser für Flußstahl St 50.11 (DIN 1611) bei der Nennabgabe anzugeben.

c) Außer den Angaben unter a) bei Schleifmaschinen:

7. Drehrichtungspfeil,
8. Leerlaufdrehzahl der Schleifspindel,
9. größtzulässiger Durchmesser und größtzulässige Breite der Schleifscheibe,
10. Art der Bindung der Schleifscheibe.

d) Der Arbeitsbereich anderer Maschinengattungen ist sinngemäß zu kennzeichnen, z. B. größzulässige Blechdicke bei Blechscheren oder größtzulässiger Schraubendurchmesser bei Schraubern.

§ 42.

Prüfung.

a) Bei der Modell- und Stückprüfung ist die Nennabgabe der Handbohrmaschinen, Aufreibemaschinen, Schrauber und Gewindeschneider durch Bremsung der Arbeitsspindel zu prüfen. Bohrmaschinen sind hierbei einem Axialdruck nach Tafel IV auszusetzen.

Tafel IV.

Bohrdurchmesser mm	Axialdruck kg
6	50
10	75
15	150
23	300
32	500
50	750

Die Axialdrucke nach Tafel IV gelten für Schnittgeschwindigkeiten des Bohrers bis 18 m/min. Bei Schnittgeschwindigkeiten von mehr als 18 m/min können für die Prüfung die Axialdrucke auf $^2/_3$ herabgesetzt werden.

Maschinen mit mehr als 150 W Nennabgabe sind 1 h lang, Maschinen bis 150 W Nennabgabe ½ h lang zu prüfen.

b) Bei Schleifmaschinen wird die Nennabgabe durch ein stündige Bremsung der Schleifspindel geprüft.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.615.015.51

Zur Frage des Öldurchschlages. [Nach P. Böning, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 46; 4½ S., 7 Abb.]

Der Verfasser nimmt zu der Frage, ob beim elektrischen Öldurchschlag mit Wechselspannung der Scheitelwert oder Effektivwert maßgebend ist, Stellung. Die bisherigen Versuche hierüber sollten klären, ob der Öldurchschlag ein rein elektrischer oder rein thermisch bedingter Vorgang sei. Ergäbe sich nämlich eine Abhängigkeit des Durchschlages vom Scheitelwert der Spannung allein, dann vermutete man einen reinen elektrischen Vorgang, bei einer Abhängigkeit vom Effektivwert der Spannung allein, dagegen schloß man auf einen thermischen Vorgang. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse[1]) beweisen aber, daß weder das eine noch das andere zutrifft. Der Verfasser glaubt daher, aus den bisher bekannten Versuchen annehmen zu können, daß grundsätzlich die Zeitdauer der Beanspruchung bzw. das Zeitintegral der Feldstärke den Öldurchschlag bestimmt. Zur Bestätigung seiner Auffassung macht er daher Versuche zwischen Kugelkalotten-Elektroden, welche den VDE-Vorschriften entsprechen, zunächst in einem unter Vakuum filtriertem und faserfreiem Öl und dann in dem gleichen Öl nach Zusatz von kolloidalen Stoffen (Asphalt und Kolophonium) bei spitzer und stumpfer Spannungskurve. Die Scheitelfaktoren waren dabei 1,9 bzw. 1,26. Schließlich versuchte der Verfasser noch mit Hilfe des Kathodenstrahloszillographen den Zeitpunkt des Durchschlages festzustellen.

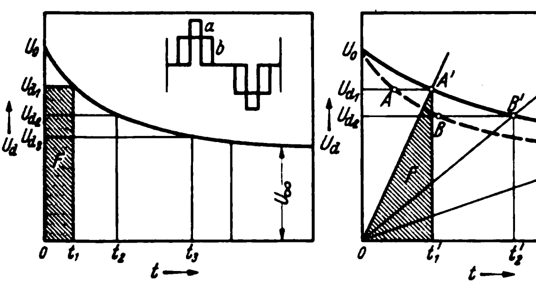


Abb. 1. Kennlinie U_d/t bei konstanter Spannung.

Abb. 2. Kennlinie U_d/t bei zeitproportionalem Anstieg der Spannung.

Die Versuche bestätigen zunächst die früheren Versuchsergebnisse bekannter Forscher über den Einfluß der Kurvenform auf die Durchschlagspannung. Danach ergibt sich also, daß mit wachsendem Reinheitsgrad des Öles sich die Scheitelwerte der beiden Spannungskurven bis auf einen Unterschied von 9,1% und mit abfallendem Reinheitsgrad (Zusatz von kolloidalen Stoffen) sich die Effektivwerte bis auf einen Unterschied von 14,9% einander nähern. Die Versuche mit dem Kathodenstrahloszillographen ergaben fast ausnahmslos, daß der Durchschlag unter Öl nicht beim Scheitelwert der Spannung, sondern erst später auftritt.

Der Verfasser kommt auf Grund seiner Versuche zu folgender Annahme:

Die kolloiddispersen Stoffe sind die Träger von adsorbierten Ladungen, die von Ladungen anderen Vorzeichens umschwärmt werden. Unter dem Einfluß des elektrischen Feldes wandern die Ladungen nach den elektrisch zugeordneten Elektroden. Dadurch wird die Spannungsverteilung zwischen den Elektroden verzerrt, und es tritt ein höheres Spannungsgefälle auf, als es der Elektrodenanordnung entspricht. Wird dieses Gefälle groß genug, so trennen sich die adsorbierten Ladungen von ihren kolloidalen Trägern, und der Durchschlag setzt ein. Diese Verschiebung der Ionen und die damit entstehende ausreichend große Feldstärke erfordert aber Zeit, die mit höherer Elektrodenspannung kleiner wird. Bei Wechselspannung mit genügend großer Frequenz können die beladenen kolloidalen Teilchen dem Feld nicht folgen, sie sind praktisch ruhend. Es wandern dann nur noch die Schwarmionen. Die Spannungsverzerrung geht hier nicht so weit, wie z. B. bei Gleichstrom. In Übereinstimmung mit den bisherigen Erfahrungen nimmt also die Durchschlagspannung mit wachsender Frequenz zu. Auch die Beobachtung, daß bei Gleichspannung der Öldurchschlag früher erfolgt als bei Wechselspannung, findet damit eine Erklärung.

Der Verfasser stellt in seiner Arbeit die Abhängigkeit der Durchschlagspannung vom Zeitintegral der Feldstärke durch eine Kurve dar, und zwar in Abb. 1 bei rechteckiger Halbwelle, in Abb. 2 bei zeitproportionalem Spannungsanstieg und in Abb. 3 bei sinusförmiger Halbwelle.

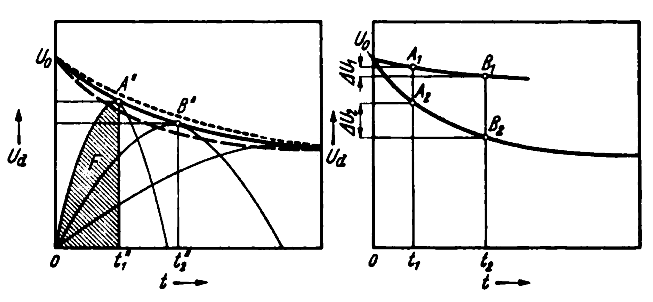


Abb. 3. Kennlinie U_d/t bei sinusförmigem Anstieg der Spannung.

Abb. 4. Kennlinien U_d/t bei hohem (A_1, B_1) und geringem (A_2, B_2) Reinheitsgrad des Öls, schematisch.

Die Kurven beginnen bei einem endlichen Wert U_0 auf der Ordinatenachse und nähern sich asymptotisch einer Parallelen zur Abszissenachse. Die Kurven stellen einen Ausdruck dar für die Summe der zeitabhängigen Vorgänge in Öl, welche auf die Durchschlagspannung von Einfluß sind. Bei den Punkten A, B, C bzw. A', B', C' bzw. A'', B'', C'' tritt der Durchschlag ein. Da in erster Annäherung das Zeitintegral F bis zur Erreichung des gleichen Durchschlages gleich sein wird, so tritt in Abb. 2 und 3 der Durchschlag bei einer Zeit $t'_1 = 2 \cdot t_1$ bzw. $t_1'' = 2 \cdot t_1$ ein. Die Kurven der beiden Schaubilder haben zwar den gleichen Anfangspunkt, weichen aber sonst voneinander ab. Daraus läßt sich auch theoretisch folgendes ableiten:

a) Die Durchschlagspannung steigt mit wachsender Frequenz.
b) Der Durchschlag erfolgt erst nach Überschreiten des Scheitelwertes.
c) Die Durchschlagspannung steigt an mit zunehmendem Scheitelfaktor.
d) Je breiter die Basis der Halbwelle, desto größere Streuung ist zu erwarten.

Ist nämlich die Fläche schmal, also die Zeit t kurz, dann tritt der Durchschlag nach den Kurven nur innerhalb der Spannungsgrenzen U_0 und U_{d1}; bei der Zeitdauer $t_2 > t_1$ dagegen schon in dem Intervall $U_0 - U_{d2}$ auf.

Je reiner ein Öl ist, um so geringer weicht der Endwert der Spannung U vom Anfangswert U_0 ab, desto flacher verläuft also auch die kennzeichnende Kurve (Abb. 4).

Daraus folgt weiter:

e) Je reiner ein Öl ist, desto weniger Einfluß hat das Zeitintegral ($\Delta U_1 < \Delta U_2$).
f) Je reiner ein Öl ist, desto näher liegen bei unterschiedlicher Kurvenform die Scheitelwerte der Durchschlagspannung zusammen.
g) Je reiner ein Öl ist, desto geringer ist auch die Streuung.

Abschließend kommt der Verfasser dann noch zu der Auffassung, daß die auch von anderer Seite häufig beobachteten Vorentladungen unter Öl die eigentlichen Öldurchschläge darstellen. Er begründet diese Auffassung mit dem Mechanismus des Durchschlagvorganges, wonach durch das elektrische Feld die Ladungen von den kolloidalen Teilchen abgetrennt und durch das Öl hindurchgerissen werden. Dabei bilden sich in Übereinstimmung mit der Theorie von Güntherschulze Dampfkanäle mit allen Erscheinungen der Ionisation und der Lichterregung. Der Verfasser versucht damit zu belegen, daß der gleiche Durchschlag schon mit den Vorentladungen bei Bildung der Dampfkanäle einsetzt. Je nach der Höhe der Elektrodenspannung kann dann die Vorentladung eine ausgesprochene Funkenentladung veranlassen. *Cdi.*

[1]) F. Kock, ETZ 36 (1915) S. 85. — K. Draeger, Arch. Electrotechn. 13 (1924) S. 366. — F. Koppelmann, ETZ 51 (1930) S. 1457. — A. Gänger, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 401.

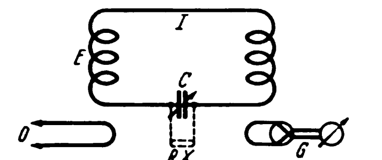
Digitized by Google

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.332

Ein neues Verfahren zum Messen hoher Widerstände bei hohen Frequenzen. [Nach M. Saito, Elektrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 45; 2 S., 3 Abb.]

Der Verfasser beschreibt ein Meßverfahren, das es ermöglicht, durch Vergleich mit genormten Hochohmwiderständen hohe kapazitive Widerstände im Ultrakurzwellenbereich zu messen, ohne ihren Kapazitätswert ermitteln zu müssen und ohne Vergleich mit einer Normalkapazität.



O Hilfsoszillator
C Abstimmkondensator
G Thermokreuz mit Galvanometer
R genormter Widerstand
X zu messender kapazitiver Widerstand

Abb. 5. Schema der Meßanordnung.

Die Meßanordnung ist aus Abb. 5 ersichtlich. Die Messung erfolgt folgendermaßen: Von einem Hilfsoszillator *O* wird eine Spannung *E* in dem Meßkreis induziert. Dann wird durch Abstimmen von *C* auf Strommaximum eingestellt, wobei als Stromanzeiger *G* ein lose induktiv angekoppeltes Thermokreuz mit Drehspulgalvanometer dient. Die Einstellung des Kondensators sei hierbei C_0 und der Ausschlag des Galvanometers α_0. Sodann wird der genormte Widerstand *R* bzw. der zu messende kapazitive Widerstand *X* parallel zu *C* gelegt und jeweils wiederum auf Strommaximum eingestellt. Bezeichnet man mit C_R, C_X, α_R und α_X die entsprechenden Einstellungen bzw. Ausschläge, so gilt:

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{R}\,\frac{\sqrt{\alpha_0/\alpha_X} - C_X}{\sqrt{\alpha_0/\alpha_R} - C_R},$$

woraus *X* leicht zu errechnen ist.

Aus verschiedenen Gründen ist es vorteilhaft, bei der Messung darauf zu achten, daß der zu messende Widerstand *X* nicht zu verschieden vom Vergleichswiderstand *R* ist. Dies ist zum Teil dadurch bedingt, daß der Galvanometerkreis nur Stromverhältnisse von etwa 1 : 5 zu messen gestattet; ferner läßt sich nachweisen, daß der Meßfehler um so kleiner wird, je mehr sich *X* dem Wert *R* nähert. Für $X = R$ wird der Meßfehler gleich Null. *Lft.*

Verkehrstechnik.

DK 625.5-83 (494)

Der Umbau der Parsenn-Bahn in der Schweiz. [Nach A. Amberg, Schweiz. Bauztg. 113 (1939) S. 79; 10 S., 32 Abb.]

Der Umbau dieser in den Jahren 1931/32 erbauten Standseilbahn wurde erforderlich, weil der Verkehr von 83000 Personen im Winter 1932/33 auf 235000 Personen 1936/37 angewachsen war. Zur Bewältigung dieses Verkehrs werden Doppelwagen mit je 70 Personen Fassungsvermögen eingesetzt, die im unteren Abschnitt Davos-Höhenweg mit 3,2 m/s und im getrennt betriebenen oberen Teil Höhenweg-Weißfluhjoch mit 3,8 m/s fahren. Diese Erhöhung der Förderleistung bedingte neue elektrische Antriebe und Steuerungen; es erhielt die untere Strecke ein Drehstrommotor mit 260 kW Leistung, der durch eine Nockensteuerwalze bedient wird, während der obere Abschnitt durch einen Drehstrommotor von 210 kW betrieben wird, der durch eine selbsttätige Drehstromsteuerung mit Gleichstrombremsgenerator geregelt wird.

Die Nockensteuerwalze der unteren Teilstrecke hat neben dreizehn Kraftstellungen 5 Gegenstrombremsstellungen, um bei den im Seilbahnbetrieb häufig auftretenden durchziehenden Drehmomenten elektrisch bremsen zu können. Diese Schaltung wurde zum ersten Male bei der Bahn Stuttgart-Waldfriedhof im Jahre 1930 angewendet und hat sich dort bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3 m/s im selbsttätigen Betrieb seit Jahren bewährt.

Bei der Fernsteuerung des oberen Abschnittes wird ebenfalls eine Nockensteuerwalze verwendet, die aber durch einen aufgebauten Hilfsmotor mit Fernsteuerung bis in die Endstellungen gedreht wird. Da beim Anfahren mit durchziehenden Momenten die Gefahr besteht, daß die Wagen schneller die zulässige Geschwindigkeit erreichen als die Steuerwalze die Endstellung, wird durch einen Fliehkraftschalter selbsttätig der Läuferwiderstand kurz geschlossen, um die übersynchrone Bremsung rechtzeitig einsetzen zu lassen. Vor dem Bahnhof wird durch einen Kontakt am Wagenstandanzeiger die elektrische Bremsung in bekannter Weise durch Einschalten eines Gleichstromhauptstromgenerators eingeleitet. Durch diese Maschine wird die beim Bremsen freiwerdende Energie einem Belastungswiderstand zur Vernichtung zugeführt. Die vom Hilfsmotor bewegte Nockensteuerwalze regelt beim Bremsen selbsttätig den Drehstrommotor und die Gleichstrommaschine. Neuartig ist hierbei die Lösung, den Bremsweg möglichst unabhängig von den stark veränderlichen Lastmomenten einzuhalten. Während des Bremsvorganges werden die jeweilige Fahrgeschwindigkeit und der zurückgelegte Weg ständig durch eine kleine drehzahlabhängige Gleichstrommaschine und einen mit dem Weg veränderlichen Widerstand überwacht. Treten Abweichungen vom eingestellten Verlauf auf, so spricht ein Spannungsdifferenzrelais an, das die Schaltgeschwindigkeit der Steuerwalze im Sinne einer stärkeren und schwächeren Bremsung beeinflußt. Auf diese Weise gelingt es, die Wagen mit Unterschieden im Bremsweg von $\pm$ 0,5 m stillzusetzen. Beide Antriebe werden von der Mittelstation aus durch einen Maschinisten bedient, der bei Störungen in der selbsttätigen Fernsteuerung die Möglichkeit hat, auch den oberen Abschnitt durch eine besondere Nockensteuerwalze mit Gegenstrombremsstellungen von Hand zu steuern. *ey.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.625.1

Der Sieben-Frequenz-Funkschreiber in Frankreich. [Nach L. Devaux u. F. Smets, Elektr. Nachr.-Wes. 17 (1938) S. 22; 13 S., 14 Abb.]

Die gleichen Beweggründe, die zum Siemens-Hell-Schreiber[1]) führten, bewogen auch die Pariser Firma Le Matériel Telephonique, ihren Funkschreiber zu entwickeln. Auch bei diesem werden die blockschriftartigen Bilder der verschiedenen Schriftzeichen in schwarzweiße Elemente zerlegt und diese Bildelemente als verschieden lange Striche mit dazwischen liegenden Pausen verschiedener Länge drahtlos übertragen. Während nun der Siemens-Hell-Schreiber das Schriftzeichen, z. B. einen Buchstaben des großen lateinischen Alphabets, nach 12 senkrechten Linien zerlegt, die nacheinander drahtlos weitergegeben werden, lösen die Franzosen die Schriftzeichen nach 7 waagerechten Linien auf (Abb. 6) und die dabei entstehenden schwarzweißen Zeilen werden gleichzeitig drahtlos übertragen. Das letztere ist dadurch möglich, daß jede Zeile einer besonderen Trägerfrequenz aufgeladen wird und die dabei entstehenden modulierten niederfrequenten Trägerströme miteinander dem Funksender zugeleitet und von ihm gleichzeitig auf seiner hochfrequenten Welle ausgestrahlt werden.

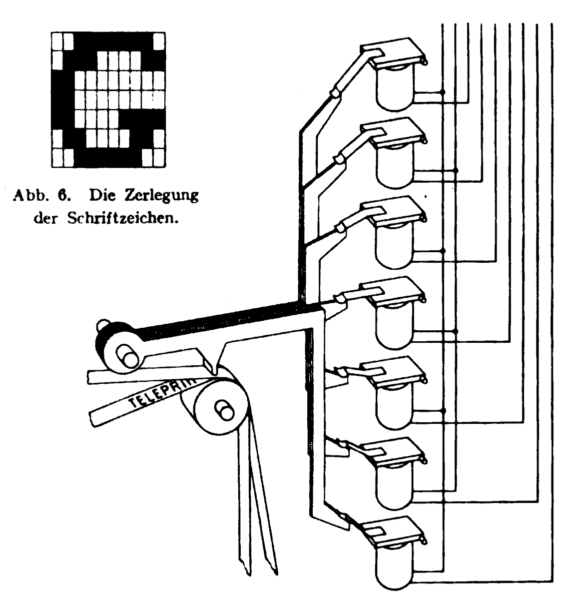


Abb. 6. Die Zerlegung der Schriftzeichen.

Abb. 7. Der Empfang der Schriftzeichen.

[1]) ETZ 55 (1934) S. 13 u. 141.

Digitized by Google

Im Empfänger werden nach der Demodulierung der Hochfrequenz die 7 Trägerfrequenzen durch Pässe voneinander geschieden und die von ihnen übertragenen Zeilenströme gleichzeitig an 7 verschiedene Empfangselektromagnete verteilt (Abb. 7). Diese wirken auf 7 nebeneinander sitzende Schreibhebel, welche die 7 Zeilen als waagerechte Striche auf einem vorbeigeführten Papierstreifen aufzeichnen und so den Buchstaben niederschreiben.

Bei der Zerlegung der Schriftzeichen in je 7 waagerechte Zeilen mit je 10 Punkten ergeben sich 39 verschiedene Bildelemente, oder mit anderen Worten: aus 39 verschiedenen Zeilen zu je 10 Punkten lassen sich alle 46 Schriftzeichen der Telegraphie zusammensetzen. Weiterhin zeigt es sich, daß von diesen 39 Bildelementen sich 16 auf je zwei einfachere zurückführen lassen. Man kann also sämtliche Schriftzeichen aus nur 23 verschiedenen Bildelementen, d. h. Zeilen von je 10 Punkten, zusammensetzen. Nach diesen 23 Bildelementen werden nun 23 Nockenscheiben derart geformt, daß das Bildelement während einer Umdrehung der Nockenscheibe abläuft und bei Schwarz der Strom aus-, bei Weiß dagegen eingeschaltet wird.

Der Strom wird von 7 Röhrengeneratoren geliefert, die mit dem Frequenzabstand 240 Hz arbeiten, der sich bei der Wechselstromtelegraphie bewährt hat. Um möglichst wenig harmonische Beziehungen zwischen den Strömen zu haben, sind ungerade Vielfache von 120 Hz gewählt worden: 600, 840, 1080, 1320, 1560, 1800 und 2040 Hz. Zwischen ihnen besteht nur die harmonische Beziehung, daß 1800 die dritte Harmonische von 600 ist. Das Schreiben falscher Punkte infolge harmonischer Verzerrung ist also annähernd verhindert.

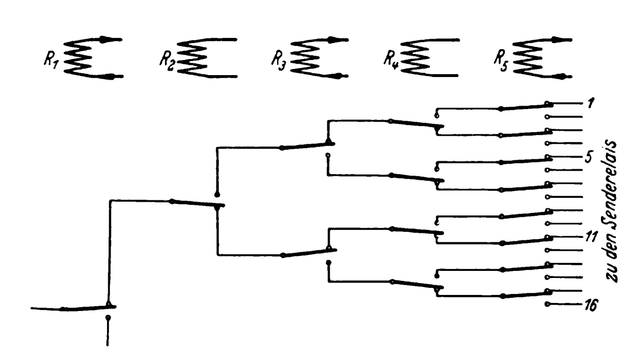


Abb. 8. Die Schaltung der fünf Einstellrelais R_1 bis R_5, die von den Stromstößen des Fünferalphabets beeinflußt werden. Die Leitungen *1* bis *16* führen zu den Senderelais. Diese sind ihrerseits je mit sieben Nockenscheiben verbunden, deren Zusammenwirken das Bild des Buchstabens ergibt.

Das Einschalten der Nockenscheiben, die das gewünschte Schriftzeichen bilden, wird durch die Senderelais besorgt. 7 von ihren 8 Kontakten sind mit den Bürsten der betreffenden Nockenscheiben verbunden und übernehmen von ihnen die von den Nockenscheiben gesteuerten Ströme. Der achte Kontakt bewirkt, daß die Stromentnahme an der richtigen Stelle der ständig umlaufenden Nockenscheiben erfolgt und daß das Senderelais während eines Umlaufs der Nockenscheiben gesperrt bleibt. Zwei besondere Nockenscheiben veranlassen zu Beginn jeder Sendung eines Schriftzeichens ein Startzeichen für den Empfänger, worauf dieser sich für einen Umlauf in Betrieb setzt und dabei die ankommenden Zeichen aufnimmt.

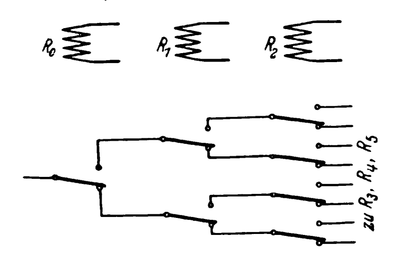


Abb. 9. Das Einstellrelais R_0 betätigt den Figurenwechsel. Die Leitungen rechts führen zu den Zungen der Einstellrelais R_3, R_4 und R_5, die nach Abb. 3 geschaltet sind.

Die Senderelais ihrerseits werden entweder von Hand oder mit Lochstreifen eingeschaltet, wobei das Fünferalphabet verwendet wird. Von den Fünferzeichen werden 5 Relais eingestellt, die durch 5 Leitungen mit dem Geber verbunden sind, also gleichzeitig betätigt werden. Die Kontakte dieser Einstellrelais sind in einer Kettenschaltung miteinander verbunden, wie es Abb. 8 für einen Teil zeigt. Das Relais R_1 hat zwei Kontakte, R_2 hat 4, R_3 hat 8, R_4 hat 16 und R_5 hat 32 Kontakte. In Abb. 8 ist nur die eine Hälfte der Kontakte gezeichnet. Die untere Hälfte zum unteren Kontakt von R_1 ist entsprechend zu ergänzen. Je nach der Erregung der Einstellrelais wird ein bestimmtes Senderelais eingeschaltet. In Abb. 8 sind R_1, R_3 und R_5 erregt, und dadurch ist das Senderelais *11* eingeschaltet.

Nun haben die Franzosen noch die Besonderheit, daß sie den Figurenwechsel vermeiden. Zu diesem Zweck legen sie vor die 5 Einstellrelais der Abb. 8 noch ein weiteres Relais R_0 (Abb. 9) und verbinden den einen Kontakt mit der gezeichneten Zunge des Relais R_1. Ferner geben sie diesem Relais R_1 noch eine weitere Zunge mit zwei Kontakten und schalten hinter sie noch einmal eine ganze Kette wie oben beschrieben. Wird nun durch Lochstreifen gegeben und es erscheint das Fünferzeichen für

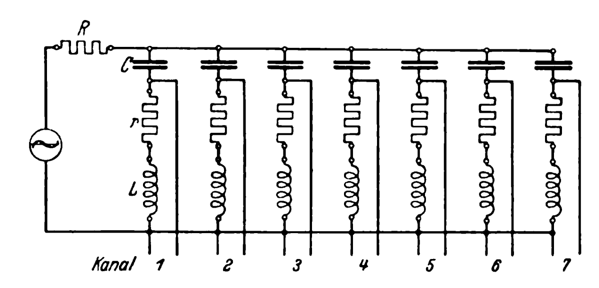


Abb. 10. Schaltbild der sieben Pässe.

Buchstabenblank, so wird R_0 nicht erregt, wohl aber durch Zahlenblank. Die Senderelais für die 26 Buchstaben liegen also an den Kontakten der unteren, diejenigen für die Zahlen und Satzzeichen an den Kontakten der oberen Hälfte der Abb. 9. Für die Sendung von Hand wird ein Sechseralphabet verwendet insofern, als beim Druck auf eine Taste außer den 5 Fünferzeichen noch ein sechstes gegeben wird, das für R_0 bestimmt ist und entscheidet, ob Buchstaben oder Zahlen gegeben werden.

LA FETE DE L'AIR . LES SPECTATEURS DES FETES
AERIENNES ONT SOUVENT ASSISTE A DES EPREUVES
D'ACROBATIE . CETTE ANNEE,UNE COMPETITION
TRES ORIGINALE,ENTRE CINQ EQUIPAGES DE L'

Abb. 11. Schriftprobe aus einer Funksendung von Algier nach Paris.

Eine weitere hübsche Besonderheit besteht darin, daß das Geben mit der Hand von dem Zwang befreit ist, die Tasten im Rhythmus der ständig umlaufenden Nockenwelle zu betätigen. Zu diesem Zweck werden vor die eben beschriebenen Einstellrelais mehrere — in der Regel fünf — Gruppen von je 6 Speicherrelais geschaltet. Diese werden von den Tasten aus über 6 Leitungen eingestellt, wobei ein Drehschalter bei jedem Tastenanschlag eine freie Gruppe dieser Speicherrelais einschaltet. Ein zweiter Drehschalter wird von der Nockenwelle betätigt und verbindet die eingestellten Speicherrelais der Reihe nach mit den Einstellrelais. Er läuft hinter dem ersten, dem Eingangsdrehschalter, her und hält von ihm einen Abstand von mindestens einem Schritt. Der erste kann ihm jedoch z. B. bei 5 Gruppen um 4 Schritte vorauslaufen.

Die Nockenwelle läuft so rasch um, daß 5 Schriftzeichen in der Sekunde übertragen werden. Für den kürzesten Stromstoß, einen der 10 Punkte einer Bildzeile, stehen also 20 ms zur Verfügung. Dies entspricht einer Telegraphiergeschwindigkeit von 50 Bauds oder, wie die Franzosen sagen, einer Grundfrequenz von 25 cps (Hz). Die Paßbreite ist so gewählt, daß die dritte Oberwelle dieser Grundfrequenz ausfällt, also zu 150 Hz.

Die verwendeten Pässe bestehen nur aus einer Spule und einem Kondensator nebst den notwendigen Widerständen. Das Schaltbild zeigt Abb. 10. Ihre Trennschärfe ist durchaus genügend. Die Schriftprobe (Abb. 11) zeigt die Güte der drahtlosen Übertragung unter Verhältnissen, bei denen ein Arbeiten mit dem Fünferalphabet über die Funkverbindung unmöglich wäre. *I. Hn.*

Digitized by Google

Physik.

DK 539.15

Die Diffusion von Wasserstoff und Deuterium durch Eisen. [Nach A. Güntherschulze, H. Betz und H. Kleinwächter, Z. Phys. 111 (1939) S. 657; 23 S., 13 Abb.]

I. Das Eisen als Kathode einer Glimmentladung. — Während Eisen für gewöhnlichen molekularen Wasserstoff bei Zimmertemperatur praktisch völlig undurchlässig ist, wandert der Wasserstoff leicht durch Eisen hindurch, wenn er ihm in Form von Atomen dargeboten wird, wie es bei der elektrolytischen Wasserstoffabscheidung der Fall ist. Es lag nahe, zu untersuchen, was sich ereignet, wenn der Wasserstoff mittels einer Glimmentladung in das als Kathode der Glimmentladung dienende Eisen hineingeschossen wird. Dabei ergab sich zunächst, daß bei konstanter Ionenstromstärke die durch eine Eisenplatte diffundierende Wasserstoffmenge dem Kathodenfall proportional ansteigt. Wird nach genügend langer Einschaltdauer ausgeschaltet und untersucht, wieviel Wasserstoff auf den beiden Seiten der Eisenplatte erscheint, so ergibt sich, daß in den Glimmentladungsraum genau doppelt soviel Wasserstoff heraustritt, wie in den Meßraum. Daraus folgt, daß während der Einschaltdauer im Gleichgewichtszustand der Wasserstoffdruck im Eisen linear von der Glimmentladungsseite zur Meßraumseite hin abnimmt. Aus der Abklingkurve des Wasserstoffautritts auf der Meßraumseite folgt, daß der Wasserstoff in zwei Modifikationen diffundiert, vermutlich als Proton und Atom. Es gelingt, aus der Abklingkurve auch die Diffusionskonstante für beide zu ermitteln. Sie liegt für das Proton je nach der Eisensorte etwa zwischen 5 und 10 cm²/Tag und ist wenig von der Temperatur abhängig. Die des Wasserstoffatoms dagegen nimmt mit der Temperatur nach einer e-Funktion zu und beträgt bei Zimmertemperatur etwa 0,7 cm² /Tag. Wird angenommen, daß der gesamte auf die Eisenplatte gelangende Strom positiver Ionen aus H^+ besteht, so treffen nach dem Faradayschen Gesetz $5{,}36 \frac{\text{cm}^3\,\text{Torr}}{\text{mA min}}$ auf die Eisenplatte. Bei 2000 V Kathodenfall diffundieren jedoch etwa $\frac{12\,\text{cm}^3\,\text{Torr}}{\text{mA min}}$ durch eine Stahlplatte von 0,128 mm hindurch. Mit Hilfe einer derartigen Diffusion läßt sich die Glimmentladungsseite hochgradig evakuieren, so daß die Glimmentladung aus Mangel an Gas schließlich erlischt.

Die diffundierende Wasserstoffmenge ist stark von der Oberflächenbeschaffenheit des Eisens abhängig. Am besten durchlässig sind gewalzte Oberflächen. Schmirgeln der Glimmentladungsseite des Eisens verringert die Diffusion sehr stark. Schmirgeln der Meßraumseite (Austrittseite) ist ohne Einfluß.

Eine gut durchlässige Eisenplatte kann dadurch für Wasserstoff praktisch völlig undurchlässig gemacht werden, daß sie einige Minuten lang als Kathode einer Glimmentladung in Argon eingeschaltet wird, so daß Argon-Ionen in sie hineingeschossen werden. Bei einer darauffolgenden Dauereinschaltung mit Wasserstoff gewinnt sie ihre Durchlässigkeit ganz allmählich wieder. Leichter und schwerer Wasserstoff diffundieren genau gleich schnell. Bei keinem einzigen der Metalle Al, Cu, Ag, Pt, Ni, Pd gelang es, selbst mit den empfindlichsten Verfahren, eine Protonendiffusion zu finden. Merkliche atomare Diffusion zeigte bei Zimmertemperatur lediglich noch Pd. *eb.*

DK 537.565

Bestimmung der Beweglichkeiten der Gasionen. [Nach E. Montel, C. R. Acad. Sci., Paris 10 (1939) Nr. 15, S. 1141; 3 S., 3 Abb.]

Die bisherigen Untersuchungen über die Beweglichkeiten der Gasionen haben noch nicht völlig klar entschieden, ob alle Ionen der einen Ladungsart bei bestimmter Temperatur und bestimmtem Druck die gleiche Beweglichkeit besitzen oder ob in dem Gasraum die Ionen in mehreren Gruppen mit verschiedenen Beweglichkeiten vorhanden sind. Die Verfasserin hat ein neues Verfahren zur Messung der Ionenbeweglichkeiten entwickelt, bei dem sie den Gasraum zwischen zwei Kondensatorplatten A u. A' durch einen Röntgenblitz an allen Stellen gleichmäßig ionisiert (Abb. 12). An den Platten liegt eine kleine Gleichspannung, die nach erfolgter Ionisierung einen abklingenden Entladungsstrom hervorruft, der mit Hilfe eines Dreheisenoszillographen von Dubois photographisch aufgenommen wird. Der zeitliche Verlauf dieses Stromes, der einen charakteristischen Knickpunkt aufweist, berechnet sich aus folgendem Ansatz:

$$i = \sum_n \left(b_n \mathfrak{E} \varrho_n - D \frac{\partial \varrho}{\partial x} \right) + \frac{K_0}{4\pi} \frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t};$$

darin bedeuten:

i	Strom im Querschnitt x
n	Anzahl der im Gasraum enthaltenen Ionensorten (positive und negative Ionen)
b_n	Beweglichkeiten der n-ten Ionensorte
$\mathfrak{E}$	Feldstärke in x
ϱ_n	Ladungsdichte
$D \frac{\partial \varrho}{\partial x}$	Diffusionsstrom
$\frac{K_0}{4\pi} \frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t}$	Verschiebungsstrom.

Die Auswertung des Integrals ergibt unter der Berücksichtigung, daß ϱ an den Platten Null ist:

$$i = \frac{1}{d} \sum_n \int_0^d b_n \mathfrak{E} \varrho_n \, d_x.$$

Wenn nur 2 Ionensorten im Gasraum vorhanden sind, ist nach einer kurzen Zeit t nach dem Ionisierungsvorgang:

$$i = i_1 + i_2 = \frac{1}{d} \int_{x_1}^{d} b_1 \mathfrak{E} \varrho \, d x + \frac{1}{d} \int_0^{d - x_2} b_2 \mathfrak{E} \varrho \, d x$$

$$x_1 = b_1 \mathfrak{E} t \qquad x_2 = b_2 \mathfrak{E} t.$$

Dies eingesetzt, ergibt sich:

$$i = b_1 \mathfrak{E} \varrho \left(1 - \frac{b_1 \mathfrak{E} t}{d}\right) + b_2 \mathfrak{E} \varrho \left(1 - \frac{b_2 \mathfrak{E} t}{d}\right).$$

Graphisch liefert dieser Ausdruck einen geknickten Linienzug (Abb. 13).

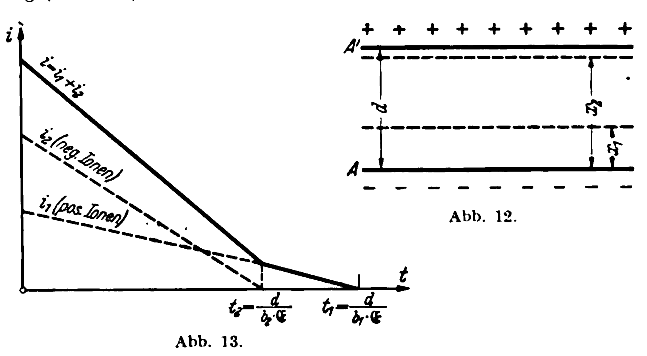


Abb. 13. Abb. 12.

Die Beweglichkeiten ergeben sich rechnerisch aus den im Diagramm ersichtlichen Zeiten t_1 u. t_2. Der experimentelle und theoretische Verlauf des Stromes i in Abhängigkeit von der Zeit waren in weitgehender Übereinstimmung. *Mdt.*

AUS LETZTER ZEIT.

Verordnung über die Vereinfachung des Verfahrens nach § 4 des Energiewirtschaftsgesetzes. — Mit der obigen Verordnung[1]) vom 27. 9. 1939 wurden vom Generalbevollmächtigten für die Wirtschaft im Einvernehmen mit dem Generalbevollmächtigten für die Reichsverwaltung und dem Oberkommando der Wehrmacht die Vorschriften des § 4 Abs. 2 des Energiewirtschaftsgesetzes[2]) vom 13. 12. 1935 über die Fristen für die Beanstandung und Untersagung energiewirtschaftlicher Vorhaben und über das Untersagungsverfahren bis auf weiteres außer Kraft gesetzt[3]).

Diese Fristen gelten auch für die bereits laufenden Verfahren. Der Reichswirtschaftsminister kann außerdem energiewirtschaftliche Vorhaben auch ohne vorherige Beanstandung untersagen.

1) Reichsgesetzblatt (1939) Teil I, S. 1950.
2) ETZ 57 (1936) S. 21.
3) S. a. ETZ 60 (1939) H. 39, S. 1144.

Digitized by Google

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Polens Elektrizitätswirtschaft.

DK 621. 311 (438)

Polens Energiewirtschaft ruht auf drei Pfeilern: Kohle, Erdöl und Wasserkraft. Die geringste Bedeutung kommt dabei der Wasserkraft zu, die nur zu einem kleinen Bruchteil ausgenutzt ist. Die im polnischen Raum zur Verfügung stehende Wasserkraft ist, wie Zahlentafel 1 zeigt, an sich nicht unbeträchtlich. Das gilt vor allem für

Zahlentafel 1. Polens Wasserkräfte 1937.

	1000 PS		
	verfügbar	verwertet	in %
Polen, insgesamt	3650	128	3,5
Weichsel	2055	73	3,5
Dnjestr	760	17	2,2
Donau	286	4	1,3
Njemen	223	14	6,3
Dnjepr	145	7	4,7

das Stromgebiet der Weichsel, auf das 56,3 % der gesamten Energiemenge entfallen; danach folgt mit 20,8 % das Stromgebiet des Dnjestr. Nach dem für 1937 ausgewiesenen Stand entfielen von der insgesamt verwerteten Wasserkraft 57 % auf das Stromgebiet der Weichsel, 13,3 % auf das Stromgebiet des Dnjestr und 10,9 % auf das des Njemen. In dem 1937 vom Sejm verabschiedeten industriellen Investitionsgesetz, das die Schaffung eines neuen, vorwiegend rüstungswirtschaftlich orientierten Industriegebiets im Raum von Kielce – Sandomierz – Lublin vorsah, war eine weitgehende Heranziehung der Wasserkraft der oberen Weichsel und des San für die energiewirtschaftliche Versorgung des neuen Reviers vorgesehen worden. Dies Programm stellte den ersten Schritt auf dem Wege zu einem großzügigen Ausbau der polnischen Wasserkraftwirtschaft dar. Was bis dahin an Anlagen bestand, stammte zum überwiegenden Teil aus der Zeit der preußischen bzw. österreichischen Herrschaft und spielte für die Versorgung der polnischen Wirtschaft mit elektrischem Strom nur eine ganz untergeordnete Rolle. Von der in den polnischen Kraftwerken installierten Gesamtleistung entfielen nur 6,9 % auf Wasserkraft. — Der Hauptträger der polnischen Elektrizitätswirtschaft ist die Steinkohle; dadurch ist auch die Tatsache begründet, daß das Schwergewicht der Stromerzeugung in Ostoberschlesien, also in dem wichtigen ehemals polnischen Steinkohlenrevier, liegt, Zahlentafel 2. Mehr als 40 % der gesamten Stromerzeugung entfielen im letzten Berichtsjahr auf die schlesische Woiwodschaft. Ohne die völkerrechtswidrige Zuteilung Ostoberschlesiens an Polen wäre die

Zahlentafel 2. Polens Steinkohlengewinnung.

	Mill t							
	1929	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
Gewinnung	46,05	28,79	27,35	29,27	28,54	29,74	36,21	38,09
Ostoberschlesien	34,14	21,45	19,95	21,98	21,13	22,09	27,39	28,75
Dombrowa	8,94	5,50	5,58	5,41	5,43	5,66	6,48	6,70
Krakau	2,84	1,83	1,82	1,89	1,98	1,99	2,34	2,64
Ausfuhr	13,91	10,22	9,10	9,88	8,91	8,36	11,00	11,67

polnische Elektrizitätsversorgung in den ersten Anfängen stehen geblieben; nur die oberschlesische Kohle und die auf ihr zum überwiegenden Teil unter preußischer Herrschaft errichteten Kraftwerke hatten die polnische Wirtschaft instandgesetzt, über eine reichlichere Stromversorgung zu verfügen.

Diese Feststellung wird weiter belegt durch die in den Zahlentafeln 3 und 4 zusammengestellten einzelnen Angaben. Die Aufgliederung der insgesamt installierten Leistung nach Landesteilen offenbart den tiefen Gegensatz, der zwischen der Stromversorgung der mittleren und westlichen, zum größten Teil früher preußischen Landesteile und dem Osten des Landes klafft. Auf die fünf östlichen Woiwodschaften Bialystok, Wilna, Novogrodek, Polesien und Wolhynien, in denen nach der letzten Volkszählung rd. 20 % der Bevölkerung wohnten, ent-

Zahlentafel 3. Polens Elektrizitätswirtschaft 1928 bis 1937.

	1928	1929	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937
I. Zahl der Werke, insgesamt	1645	1690	2012	2017	2617	2561	2839	2792	2792
installierte Leistung (1000 kW)	1020	1285	1459	1491	1518	1536	1551	1580	1620
II. Stromerzeugung (Mill kWh)	2618	3048	2598	2257	2396	2622	2817	3082	3628
Zahl der Werke mit mehr als 100 kW inst. Leistung	832	872	953	956	1008	1008	1021	1018	1018
installierte Leistung (1000 kW)	1005	1274	1440	1472	1493	1512	1525	1555	1596
Mitte	371	411	487	523	529	544	553	572	602
Osten	13	15	21	21	23	23	24	24	28
Posen und Pommerellen	76	126	142	141	145	145	146	156	164
Schlesien	411	547	579	579	584	582	579	578	577
Süden	134	175	211	213	212	218	223	225	225
Stromerzeugung (Mill kWh)	2579	3008	2574	2237	2368	2596	2784	3049	3600
Mitte	755	854	880	829	892	992	1078	1197	1411
Osten	16	19	25	23	24	27	31	35	40
Posen und Pommerellen	133	162	142	136	138	150	155	170	201
Schlesien	1390	1670	1195	934	994	1092	1162	1254	1484
Süden	285	303	332	315	320	335	358	393	464

Zahlentafel 4. Polens Elektrizitätswirtschaft nach Woiwodschaften 1936 und 1937.

Woiwodschaften	Zahl der Werke		installierte Leistung (kW)		Stromerzeugung (1000 kWh)	
	1936	1937	1936	1937	1936	1937
Polen, insgesamt	2792	2792	1 580 074	1 620 000	3 082 502	3 628 000
Warschau - Stadt	15	15	76 044	78 204	165 456	194 400
Warschau - Land	80	80	77 377	79 800	151 522	180 000
Lodz	102	102	138 820	142 044	302 493	356 400
Kielce	92	92	239 789	245 784	522 486	615 600
Lublin	61	61	16 921	17 556	22 839	25 200
Bialystok	49	49	22 638	23 940	31 972	39 600
Wilna	37	37	7 375	7 980	12 894	14 400
Novogrodek	31	31	3 124	3 192	3 679	3 600
Polesien	27	27	3 915	3 192	6 797	7 200
Wolhynien	66	66	9 466	9 576	11 533	14 400
Posen	96	96	110 400	113 316	109 967	129 600
Pomerellen	41	41	46 324	47 880	60 121	72 000
Schlesien	60	60	577 727	593 712	1 254 179	1 479 600
Krakau	82	82	149 806	153 216	282 636	334 800
Lemberg	64	64	57 858	59 052	83 810	100 800
Stanislau	39	39	12 481	12 768	21 890	25 200
Tarnopol	34	34	4 641	4 788	4 822	7 200

fielen nur 2,2 % der gesamten Stromerzeugung. Ein schlagenderes Beispiel für die wirtschaftliche Vernachlässigung dieser weiten Landstriche durch die polnische Regierung kann wohl kaum genannt werden. Nicht viel anders steht es mit dem östlichen Galizien. In den drei Woiwodschaften Lemberg, Tarnopol und Stanislau wohnen weitere 20 % der Gesamtbevölkerung, jedoch entfielen auf sie nur 3,6 % der gesamten Stromerzeugung. Der ungewöhnlich hohe Verbrauch an Leuchtpetroleum, den Polen aufzuweisen hat — 1937 wurden in Polen 144 000 t Leuchtpetroleum raffiniert gegenüber von nur 77 000 t in Deutschland — ist ein Beweis dafür, daß der Gebrauch elektrischer Beleuchtung im polnischen Durchschnittshaushalt noch außerordentlich selten ist. Gegenüber dem rückständigen Bild, das die ostpolnischen Woiwodschaften darbieten, steht der teilweise stark industrialisierte Westen des Landes. Hier sind neben der schlesischen Woiwodschaft, über die schon gesprochen wurde, vor

Digitized by Google

allem zu nennen die Woiwodschaft Kielce, die u. a. auch das Gebiet von Sandomierz umfaßt, mit 16,9 % der Stromerzeugung, die Woiwodschaft Lodz, die den Mittelpunkt der polnischen Textilindustrie darstellt, mit 9,8 %, die Stadt Warschau mit 5,3 % und die Woiwodschaft Posen mit 3,6 % der Erzeugung. Die Bedeutung von Posen und Pomerellen im Rahmen der polnischen Kraftwirtschaft ist nur gering; was in diesen vorwiegend landwirtschaftlich ausgerichteten Landesteilen an elektrischen Anlagen vorhanden ist, stammt gleichfalls zu einem erheblichen Teil aus der preußischen Zeit und beschränkt sich durchweg auf die größeren Städte.

Es kann kein Zweifel sein, daß im polnischen Raum der Energiewirtschaft große zukunftweisende Aufgaben gestellt sind. Polens Reserven an Wasserkraft und Kohle geben die Grundlagen ab, auf denen eine alle Reichtümer des Landes planmäßig entwickelnde Aufbauarbeit durchgeführt werden kann, die die Unterlassungssünden der Vergangenheit wiedergutmacht und alle natürlichen Kräfte des Landes zum geschlossenen Einsatz bringt.

Ernst Reichelt.

STATISTISCHE MITTEILUNGEN.

(Mitgeteilt von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie.)

Türkei, Elektroeinfuhr 1938. — Die türkische Elektroeinfuhr betrug 1938 12,9 Mill RM (Zahlentafel 1 und 2). Gegenüber 1937 ist sie um 3,8 Mill RM oder 41%, gegenüber 1937 um 6,3 Mill RM oder 95% gestiegen. Bei den wichtigen Gruppen Maschinen und drahtlose Telegraphie und Telephonie betrug die Zunahme gegenüber 1937 65 und 79%. Infolgedessen stieg der Anteil dieser beiden Gruppen an der Gesamt-Elektroeinfuhr von 48% auf 57,5%. Um mehr als die Durchschnittszunahme von 41% ist die Einfuhr außerdem in den beiden kleineren Gruppen Kohle (+143%) und Elektroporzellan (+47%) gestiegen. In den übrigen Gruppen bewegte sich die Zunahme zwischen 6 und 25%, bei Elektrizitätszählern ist eine leichte Abschwächung eingetreten. Auch für die Türkei ist Deutschland nach wie vor erstes Lieferland für elektrotechnische Erzeugnisse. Sein Anteil an der Gesamteinfuhr beträgt allerdings 1938 nur 51% gegenüber 60% in den Vorjahren, da die deutsche Einfuhr von 1937 auf 1938 nur um 19% gestiegen ist. An die zweite Stelle ist im Jahr 1938 Großbritannien getreten, das 20% der Einfuhr lieferte; die in der Größe folgenden Länder waren die V. S. Amerika und Holland, auf die weitere 13% der türkischen Einfuhr fielen.

Zahlentafel 1. Türkei: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektroeinfuhr der Türkei		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren usw.[1])	2029	3049	5 019	30,8	33,5	39,0
Akkumulatoren und Elemente	442	669	744	6,7	7,4	5,7
Kabel und isolierte Drähte	733	1260	1 338	11,1	13,9	10,4
Elektrizitätszähler	269	262	260	4,1	2,9	2,0
Telegraphie und Telephonie mit Draht	468	539	574	7,2	5,9	4,5
ohne Draht	753	1322	2 366	11,5	14,5	18,5
Glühlampen	727	751	925	11,1	8,3	7,2
Elektromedizin	461	349	437	7,1	3,8	3,4
Haus- und Küchengeräte, hauptsächl. a. Eisen oder Kupfer bestehend	329	522	594	5,0	5,7	4,6
Kohle f. d. Elektrotechnik	54	54	131	0,8	0,6	1,0
Elektroporzellan u. -glas	301	324	476	4,6	3,5	3,7
insgesamt	6566	9101	12 864	100	100	1C0

[1]) Hier auch Lüfter, Staubsauger, Anlasser, Widerstände u. ähnl.

Zahlentafel 2. Türkei: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektroeinfuhr der Türkei		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Großdeutschland	3888	5493	6 535	59,2	60,3	50,8
Großbritannien	426	260	2 614	6,5	2,9	20,4
V. S. Amerika	632	1042	1 110	9,6	11,4	8,6
Niederlande	108	464	571	1,6	5,1	4,4
Schweden	380	292	511	5,8	3,2	4,0
Ungarn	286	306	425	4,4	3,4	3,3
U. d. SSR.	63	533	246	0,9	5,9	1,9
Schweiz	286	154	196	4,4	1,7	1,5
Tschecho-Slowakei	189	199	193	2,9	2,2	1,5
Italien	.	136	180	.	1,5	1,5
übrige Länder	308	222	274	4,7	2,4	2,1
insgesamt	6566	9101	12 864	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

Bulgarien, Elektroeinfuhr 1938. — Die bulgarische Elektroeinfuhr betrug 1938 7 Mill RM. Gegenüber 1937 ist sie um 1,6 Mill RM oder 30%, gegenüber 1936 um 2,6 Mill RM oder 60% gestiegen. Die Entwicklung in den einzelnen Warengruppen (Zahlentafel 3) ist durchaus verschieden gewesen, doch ist die Einfuhr 1938 in der Mehrzahl der Gruppen gegenüber 1937 gestiegen. In den wichtigen Gruppen Maschinen und Kabel und Draht sind Zunahmen von 78 und 107% gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen, allerdings war in diesen Gruppen von 1936 auf 1937 nur eine unwesentliche Veränderung eingetreten. Bei der Gruppe drahtlose Telegraphie und Telephonie lag die höchste Einfuhr in den dargestellten drei Jahren im Jahr 1937, in dem die Einfuhr von Rundfunkgerät 41% der gesamten Elektroeinfuhr bestritt. Hier ist von 1937 auf 1938 ein Rückgang von 42% eingetreten, doch liegt die Einfuhr der Gruppe immer noch 44% über dem Ergebnis von 1936; sie ist mit 18,4% Anteil an der Gesamt-Elektroeinfuhr 1938 die drittgrößte Einfuhrgruppe. Unter den Lieferländern (Zahlentafel 4) steht Deutschland nach wie vor an erster Stelle. Die Einfuhr aus Deutschland in den drei letzten Jahren ist wesentlich gleichmäßiger gewesen als die Gesamteinfuhr, sie liegt 1938 nur 4% über dem Ergebnis von 1937 und 31% über dem von 1936. Deutschlands Anteil an der Gesamteinfuhr ist demzufolge von 81% 1936 und 1937 auf 65% 1938 zurückgegangen. Wichtigste Lieferländer neben Deutschland waren 1938 Tschecho-Slowakei, Niederlande und Italien, die zusammen 22,9% gegenüber 8,6% 1937 lieferten.

Zahlentafel 3. Bulgarien: Elektroeinfuhr nach Warengruppen.

Warengruppen	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektroeinfuhr Bulgariens		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren usw.	876	913	1626	20,2	16,8	23,1
Akkumulatoren, Elemente, Batterien	215	229	299	4,9	4,2	4,3
Kabel und isolierte Drähte	686	673	1392	15,6	12,4	19,8
Meß- u. Zählvorrichtungen	242	236	264	5,5	4,4	3,7
Schaltapparate, Installationsmaterial usw.	242	365	558	5,5	6,7	7,9
elektr. Klingeln u. ähnl. Apparate	86	94	218	2,0	1,7	3,1
Telegraphie u. Telephonie	639	88	345	14,6	1,6	4,9
Radioapparate und Teile davon	897	2226	1294	20,5	41,0	18,4
Glühlampen	291	281	443	6,0	5,2	6,3
Koch- und Heizapparate, Bügeleisen	19	25	30	0,4	0,5	0,4
Apparate f. hygienische Zwecke, f. Laboratorien, Friseure usw.	132	246	191	3,0	4,5	2,7
elektrische Kälteapparate[1])	.	.	180	.	.	2,6
elektromechanische Instrumente[1])	.	.	71	.	.	1,0
Isolierrohr	2	0	7	0,0	0,0	0,1
Elektroporzellan	54	53	117	1,2	1,0	1,7
insgesamt	4381	5432	7035	100	100	100

[1]) Zahlen lagen nur für 1938 vor.

Zahlentafel 4. Bulgarien: Elektroeinfuhr nach Herkunftsländern.

Herkunftsländer[1])	1936	1937	1938	Anteil an der Gesamt-Elektroeinfuhr Bulgariens		
	1000RM	1000RM	1000RM	1936 %	1937 %	1938 %
Großdeutschland	3537	4442	4616	80,8	81,8	65,6
Tschecho-Slowakei	76	97	646	1,7	1,8	9,2
Niederlande	216	326	606	4,9	6,0	8,6
Italien	.	43	361	.	0,8	5,1
Schweiz	49	70	328	1,1	1,3	4,7
Ungarn	112	150	171	2,5	2,8	2,4
V. S. Amerika	121	122	104	2,8	2,2	1,5
sonstige Länder	270	182	203	6,2	3,3	2,9
insgesamt	4381	5432	7035	100	100	100

[1]) Geordnet nach der Größe der Einfuhr 1938.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

VDE-Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen als baupolizeiliche Richtlinie.

Mit Erlaß vom 22. 1. 1931 (II 6206/9. 12) hatte der Preußische Minister für Volkswohlfahrt die „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen" in der im Juli 1929 genehmigten Fassung in baupolizeilicher Hinsicht anerkannt[1]). Inzwischen sind an den genannten Vorschriften mehrere zum Teil umfangreiche und schwerwiegende Änderungen vorgenommen worden, so daß man die zur Zeit gültige Fassung sozusagen als eine Neubearbeitung betrachten kann. Der Reichsarbeitsminister hat sich daher veranlaßt gesehen, die für die Durchführung baupolizeilicher Maßnahmen zuständigen Behörden in einem Erlaß vom 20. 9. 1939 ausdrücklich auf die zur Zeit gültige Fassung VDE 0210/X. 38 hinzuweisen. Der Erlaß hat folgenden Wortlaut:

Der Reichsarbeitsminister Berlin SW 11, den 20. September 1939
Saarlandstraße 96.
IV c 9 Nr. 8630 c 11/39

An

a) die Landesregierungen (außer Preußen)
— Baupolizeiressorts —,

b) den Herrn Reichskommissar für das Saarland,
Saarbrücken,

c) den Herrn Reichskommissar für die Wiedervereinigung Österreichs mit dem Deutschen Reich (Ministerium für Wirtschaft und Arbeit — Abt. V)
Wien, Franz-Josefskai 7/9

d) den Herrn Reichsstatthalter für den Reichsgau Sudetenland, Abt. III Arbeit,
Reichenberg, Gymnasiumstraße 6.

Betrifft: Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen (VDE 0210/X. 38).

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat die bisherigen Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen neu aufgestellt (VDE 0210/X. 38). Ein Stück ist in der Anlage beigefügt mit dem Ersuchen, die nachgeordneten Behörden anzuweisen, **die Vorschriften im Rahmen der bestehenden allgemeinen baupolizeilichen Bestimmungen zu beachten.**

Weitere Druckstücke können durch den ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, zum Preise von 1,— RM je Stück bezogen werden. Beim Bezug größerer Mengen werden folgende Rabatte gewährt:

Bei	25 Stück und mehr	10%,
„	250 „ „ „	12½%,
„	500 „ „ „	15%,
„	1000 „ „ „	20%.

Im Auftrag:
gez. Scholtz.

An

den Herrn Preußischen Finanzminister
Berlin C 2.

Abschrift übersende ich zur gefälligen Kenntnis mit der Bitte, für Preußen das Entsprechende zu veranlassen.

Im Auftrag:
gez. Scholtz.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

[1]) ETZ 52 (1931) S. 304

Ausschuß für Isolierstoffe.

Der Ausschuß für Isolierstoffe hat durch seinen Unterausschuß „Faserstoffe" die Einsprüche, die auf den in ETZ 60 (1939) S. 600 veröffentlichten Entwurf einer Änderung von

VDE 0318 „Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe"

eingegangen sind, ordnungsgemäß behandelt. Die hiernach beschlossenen Änderungen gegenüber der Entwurfsfassung sind in ETZ 60 (1939) S. 1182 veröffentlicht.

Die sich danach ergebende endgültige Fassung der Leitsätze ist nunmehr auch auf Hartgewebe aus Zellwolle ausgedehnt (siehe besonders die §§ 2 und 4). Sie ist vom Vorsitzenden des VDE im September 1939 genehmigt und tritt mit dem 1. November 1939 in Kraft. Sonderdrucke der Änderungen unter der Bezeichnung VDE 0318a/IX. 39 sind bei der ETZ-Verlag GmbH. erhältlich.

Ausschuß für Geräte mit Kleinstmotoren und Elektrowerkzeuge.

Die Ausschüsse für Geräte mit Kleinstmotoren und für Elektrowerkzeuge sind zu einem Ausschuß zusammengelegt worden.

Bei der Neubearbeitung von VDE 0730 „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" und VDE 0740 „Vorschriften für Elektrowerkzeuge für Spannungen bis 250 V gegen Erde" erschien es zweckmäßig, die Vorschriften zusammenzufassen, da für beide Gebiete ein großer Teil der Vorschriften gleichlautend ist.

Der Ausschuß für Geräte mit Kleinstmotoren und Elektrowerkzeuge gibt nunmehr den Entwurf zu

VDE 0735 „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren und für motorisch betriebene Elektrowerkzeuge"

bekannt, der in ETZ 60 (1939) S. 1183 veröffentlicht ist.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 15. November 1939 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Ungültige Prüfzeichengenehmigungen.

Die nachstehend näher bezeichneten Genehmigungsausweise zur Führung des VDE-Zeichens haben ihre Gültigkeit verloren:

1. Fa. Ernst Klosterhoff, Neheim,
Gen.-Nr. 734/1 für Bügeleisen 110/120/130 V, 220 V, 450 W, Type „Aetna",
2. Fa. Eltron, Dr. Theod. Stiebel, Berlin,
Gen.-Nr. 190/2 für Dauerwellgerät Type „Eugéne", 110 u. 220 V,
3. Fa. Gebrüder Krüger & Co. A.-G., Berlin-Köpenick,
Gen.-Nr. 877/1 für Durchlauferhitzer 220 V, 1500 W, 2200 W, u. 3000 W, Type AV 1, AV 2, AV 3 u. V 1, V 2, V 3.

Die besondere Bekanntmachung der oben erwähnten ungültigen Genehmigung n erfolgt gemäß § 7, 2 der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle, weil die Genehmigungsausweise von den genannten Firmen nicht zurückgegeben wurden bzw. nicht zurückgegeben werden konnten.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
i. A.: Saß

Digitized by Google

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

R. Schmalz †. — Am 14. September fiel in Polen bei einem feindlichen Nachtangriff als Oberleutnant bei der Maschinengewehr-Kompanie eines Infanterieregiments der Geschäftsführer der Gesellschaft für Elektrizitäts-Anlagen m. b. H., Berlin (Licht- und Kraft-Konzern), Herr Dipl.-Ing. Richard Schmalz VDE. In Stralsund geboren, trat er als Kriegsfreiwilliger 1914 in das Heer ein und kämpfte von 1917 ab als Offizier im Osten und Westen, zuletzt als Führer einer Maschinengewehr-Kompanie, stets in vorderster Linie. Mit dem EK I und II ausgezeichnet, kehrte er in die Heimat zurück, stellte sich aber sofort wieder für den Grenzschutz Ost zur Verfügung. Nach dem Besuch der T. H. Dresden trat er beim Märkischen Elektricitätswerk Berlin ein, wo er in der leitungstechnischen Abteilung arbeitete. Anschließend kam Schmalz als Oberingenieur zur Gesellschaft für Elektrizitäts-Anlagen m. b. H. und wurde dort 1933 Prokurist und 1938 Geschäftsführer. Seine Aufgabe war die technische Betreuung der zum Geschäftskreise dieser Gesellschaft gehörenden Elektrizitäts - Versorgungs - Unternehmen. Unter anderem gehörte er den Elektrizitätswerk- und Straßenbahn-Aktiengesellschaften in Stralsund und in Landsberg (Warthe), der Saale-Elektrizitätswerk G. m. b. H., Saalfeld (Saale), der Elektrizitätswerk Zell im Wiesental A. G. und der Elektrizitätswerk Zoppot A. G. als Vorstand oder als Prokurist an. Am 1. September 1939 zog er wie 1914 als begeisterter Soldat gegen den Feind und fiel als Offizier, der seinen Leuten bis zu seinem letzten Augenblick ein leuchtendes Vorbild war. Richard Schmalz war ein liebenswerter Mensch, der sich durch seine Aufrichtigkeit und bescheidene Zurückhaltung allgemeine Zuneigung erwarb und im engeren Kreise seiner Fachgenossen großes Ansehen genoß. Mit ihm hat die deutsche Elektrizitätswirtschaft einen Ingenieur von hoher Begabung und reichen Erfahrungen verloren.

O. Arendt. — Am 1. Oktober 1899, vor 40 Jahren, begann Herr Dr. Oskar Arendt seine Patentpraxis als Ingenieur im Wernerwerk der Siemens & Halske A. G. und wurde 20 Jahre später als Patentanwalt verpflichtet. In Danzig geboren, studierte er an der T. H. Berlin und an den Universitäten Berlin und Jena und promovierte 1915 mit einer kolloidchemischen Experimentalarbeit. Arendt war auch nebenberuflich Schriftleiter technischer Zeitschriften und ist durch mehrere Veröffentlichungen über Patent-, Warenzeichen- und Musterschutz hervorgetreten. Erfinderrecht und Patentwesen verdanken seinen Anregungen wichtige Verbesserungen.

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Bemerkungen zum Aufsatz des Herrn K. Arndt „Ein halbes Jahrhundert Trockenelemente".
ETZ 60 (1939) H. 36, S. 1065.

Ergänzend zum Hinweis auf die durch den VDE mit dem Verband der Fabrikanten von Taschenlampenbatterien in Deutschland e. V. getroffene Vereinbarung über die Normung der Außenmaße der dreiteiligen Batterie sei bemerkt, daß Paul Schmidt schon zu Anfang dieses Jahrhunderts für die Bemessung der Zelle bzw. der dreizelligen Daimon-Taschenlampe die Größe des geschlossenen Handballens als Norm zugrunde legte.

Schmidt war wohl auch einer der ersten in Deutschland, welcher bei der Herstellung seiner Batterien Weizenmehl als Zusatz zum Elektrolyten in größerem Umfang praktisch anwandte. Vgl. auch meinen Aufsatz „Elektrische Kleinbeleuchtung" in „Elektrische Arbeit" Jahrg. 1930 Nr. 23 Seite 122.

Bodenbach, 9. 9. 1939. Gustav W. Meyer VDE.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.43

Die Verbrennungskraftmaschine. Herausg. von Prof. Dr. H. List. Heft 1: Vorwort und Einführung. Von Prof. Dr. H. List. Die Betriebsstoffe für Verbrennungskraftmaschinen. Von Dr. A. v. Philippovich. Die Gaserzeuger. Von Dipl.-Ing. K. Schmidt. Mit zahlr. Abb., XII u. 106 S. Preis kart. 9,60 RM. — Heft 7: Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor. Von Dr.-Ing. A. Pischinger unt. Mitarb. von Dr.-Ing. O. Cordier. Mit 174 Abb., VIII u. 128 S. Preis kart. 12,60 RM. Format: 195 × 270 mm. Verlag Julius Springer, Wien 1939.

Von dem Werke „Die Verbrennungskraftmaschine" herausgegeben von Prof. Dr. List-Graz sind z. Z. drei Hefte erschienen:

Heft 1 Philippovich, Berlin, Die Betriebsstoffe für Verbrennungskraftmaschinen.
K. Schmidt, Köln-Deutz, Die Gaserzeuger.
Heft 2 List, Graz, Thermodynamik der Verbrennungsmaschine.
Heft 7 Pichinger, Köln-Deutz, und Cordier, Köln-Deutz, Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor.

Das Werk stellt sich die Aufgabe, den heutigen Stand der Entwicklung der Verbrennungskraftmaschine in zwei etwa gleich großen Teilen darzustellen, von denen der erste die Arbeitsvorgänge, der zweite die Gestaltung umfassen soll. Die einzelnen Teilgebiete werden von verschiedenen Verfassern behandelt, wobei Wert darauf gelegt wird, daß neben dem Forscher auch der schöpferische Ingenieur des praktischen Motorenbaues zu Wort kommt. Es wird angestrebt, auf allen Teilgebieten die neuesten Erkenntnisse übersichtlich darzustellen.

Der Inhalt der obigen drei Hefte ist zum Teil aus den im Fachschrifttum erschienenen Veröffentlichungen der Verfasser bekannt. Er erfuhr in jedem Fall eine zusätzliche Erweiterung, so daß jedes Heft für sich eine gute und geschlossene Darstellung des behandelten Gegenstandes ergibt. Angefügte Schrifttumnachweise erleichtern das Studium der einschlägigen Erstveröffentlichungen. Die Ausführungsbeispiele entstammen fast ausschließlich der Motorenfabrik Deutz.

Bei der außerordentlich großen Vielseitigkeit des behandelten Stoffes kann hier nicht in eine Einzelbesprechung eingegangen werden. Die Thermodynamik der Verbrennungsmaschine und die Kenntnis der Verbrennung im Dieselmotor ist heute noch in voller Entwicklung. Infolge der Schwierigkeit der Verhältnisse ist auch nicht zu erwarten, daß beide in naher Zukunft abgeschlossen werden können. Die herrschenden Ansichten werden deshalb noch manche Korrektur erfahren. Die gewählte Darstellung auf vorwiegend physikalischer Grundlage ist trotzdem von großem Interesse. Ingenieur und Forscher finden eine Fülle von Erfahrungen und Ergebnissen, die mit viel Mühe in Text und Bild zur Darstellung gebracht wurden. Das Studium des Werkes kann deshalb jedem Fachgenossen angelegentlich empfohlen werden. Die äußere Ausstattung ist musterhaft.

Kurt Neumann.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

DK 621.396

Elektrotechnik für den Rundfunk- und Verstärker-Fachmann. Von Dr.-Ing. F. Bergtold. Mit 373 Abb. u. 297 S. im Format 155 × 215 mm. Weidmannsche Verlagsbuchhandlung, Berlin 1939. Preis geb. 9,60 RM.

[Das Buch bringt die elektrotechnischen Grundlagen, die jeder Funk- und Verstärker-Fachmann beherrschen muß. Es ist daher keine allgemeine Einführung in die Elektrotechnik, sondern bringt ausführlich alles das, was für die Funktechnik wichtig und in anderen Einführungen nicht oder nicht in diesem Maße zu finden ist, z. B. die breite Behandlung aller nur denkbaren Widerstandsfragen, insbesondere an Hand der Kennlinien.] *Mbt.*

Herstellung hochwertiger Metallüberzüge. Lehr-, Hand- und Nachschlagebuch. Bearb. von W. Eckardt und O. Krämer. Mit 12 Tab. u. 149 S. im Format A 5. Verlag Eugen G. Leuze, Leipzig 1939. Preis kart. 4,50 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Reichsbahnbauassessor Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 117.
Prof. Dr.-Ing. Paul Müller VDE, Berlin-Schöneberg, Akazienstr. 27.
E. Reichelt, Berlin-Friedenau, Odenwaldstr. 22.
Dr. H. Salow, Berlin-Wilmersdorf, Laubenheimer Platz 5.

Abschluß des Heftes: 6. Oktober 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 19. Oktober 1939 | Heft 42

Drehstrom für Bordnetze und Schiffshilfsmaschinen.

Von **Werner Haßler**, Mannheim.

DK 621.3.025.3 : 629.123

Übersicht*). Da gegen die Verwendung des Drehstroms für Bordnetze und Schiffshilfsmaschinen immer noch sehr große Vorurteile bestehen, werden die Vor- und Nachteile von Gleichstrom und Drehstrom einander gegenübergestellt und die Überlegenheit des Drehstroms nachgewiesen.

A. Allgemeine Gesichtspunkte für die Wahl von Stromart und Spannung.

Die praktische Elektrotechnik kannte zuerst nur Gleichstrom mit niedriger Spannung. Es lag daher nahe, auch an Bord die gleiche Stromart und Spannung anzuwenden. Da die ersten Kraftwerksleistungen an Bord verhältnismäßig klein waren, stand dem auch nichts im Wege. Mit der steigenden Anwendung der elektrischen Energie, im besonderen auch für die Kraftanlagen, trat die Frage auf, welche Spannung und Stromart am besten zu verwenden ist. Sie wurde anfangs fast ausschließlich vom Standpunkt der Gefahr bei Berührung entschieden. Es muß zugegeben werden, daß die Vorbedingungen für die Möglichkeit von Unfällen an Bord reichlicher gegeben sind, da in den Betriebsräumen meist ein eiserner Fußboden und eiserne Wände vorhanden sind und somit eine gut leitende Verbindung über den Menschen zur Erde leichter eintritt als an Land.

Mit der Anwendung der Elektrizität in Land- und Schiffsanlagen kam der Wunsch auf, für die Gebrauchsspannungen eine Grenze anzugeben, dadurch gekennzeichnet, daß die darüber liegenden Spannungen „gefährlich", die darunter liegenden Spannungen als „ungefährlich" bezeichnet werden. Eingehende Versuche der letzten Jahre haben ergeben, daß diese Grenze sehr schwer angegeben werden kann und von vielen Begleitumständen abhängt. Die Festlegung einer lebensgefährlichen Spannungsgrenze setzt voraus, daß der menschliche Körper einen gewissen Widerstand hat, der bei höherer Spannung immer mehr Strom durch den Körper fließen läßt, und daß der höhere Strom eine größere Gefahr bedeutet. Dies ist aber keineswegs der Fall. Soweit darüber überhaupt etwas Näheres bekannt ist, hat sich in Tierversuchen, bei Hinrichtungen mit dem elektrischen Stuhl und bei vielen Unfällen gezeigt, daß zwar eine Mindeststromstärke, die allerdings sehr klein ist, vorhanden sein muß, um den Tod herbeizuführen, daß aber bei höheren Stromstärken die unmittelbare Lebensgefahr wieder sinkt. Für die Gefährlichkeit vor allem mitbestimmend ist der Weg, den der Strom durch den menschlichen Körper nimmt. Überbrückt man beispielsweise 500 V durch Berührung mit Kopf und Fuß, so ist dies viel gefährlicher als die Berührung der gleichen Spannung mit zwei Teilen des Unterarms, wenn man sonst isoliert steht, obgleich im zweiten Fall ein wesentlich größerer Strom fließt. Die örtlichen Verbrennungen können dabei größer sein, aber das Herz ist weniger in Mitleidenschaft gezogen. Es kam vor, daß eine Person im Bad durch Berühren einer elektrischen Leitung mit einer Spannung von 50 V tödlich verunglückte, während selten etwas vorkommt, wenn ein Arbeiter mit den beiden Fingerspitzen einer Hand 220 V überbrückt, um zu prüfen, „ob Spannung da ist".

Die Grenze der gefährlichen Spannung liegt bei Gleichstrom bei etwa 60 V, bei Wechselstrom bei etwa 40 V. Es wäre falsch, daraus den Schluß zu ziehen: „Gleichstrom ist für Bordanlagen ungefährlicher als Wechselstrom." Die Allgemeinheit sowohl als der Fachmann sollte daher jede Berührung unter Spannung stehender Teile als gefährlich betrachten. Die Bordgeräte sind aber durchweg mit einem zuverlässigen Berührungsschutz versehen. Sämtliche Beleuchtungskörper, das gesamte Installationsmaterial wird auf Eignung für den Bordbetrieb geprüft. Die Leitungsverlegung muß selbstverständlich auf das sorgfältigste ausgeführt werden. Um eine Einheitlichkeit der Anlagen sicherzustellen, sind in den verschiedenen Ländern besondere Vorschriften ausgearbeitet worden, die die Güte und Sicherheit der Anlagen gewährleisten sollen. Für Deutschland haben der Germanische Lloyd, der Handelsschiff- und der Kriegsschiff-Normen-Ausschuß Vorschriften herausgegeben und bemühen sich, sie durch die praktischen Erfahrungen dauernd zu ergänzen[1]). In Frankreich gelten die Vorschriften des „Büro Veritas", in England die Bestimmungen „Regulations for the Electrical Equipment of ships" des Britischen Lloyd. Die Vorschriften weichen in den einzelnen Ländern etwas voneinander ab.

Die Verwendung von Drehstrom für Bordanlagen hat seit langem die Fachkreise beschäftigt[2]). Die AEG hat bereits im Jahre 1898 auf dem Bergungsdampfer „Herakles" der AG. Neptun in Stockholm Drehstrom von 500 V für die Kraftübertragung gewählt. Der Drehstrom eignete sich hier besonders gut, da neben der geringen Beleuchtung nur zwei große Zentrifugalpumpen als Stromverbraucher vorhanden waren. In der Zwischenzeit blieb die

*) Nach einem Vortrag, gehalten am 24. 1. 1939 vor dem VDE Gau Weser-Ems in Wilhelmshaven.

[1]) Ch. Breitenstein, ETZ 60 (1939) H. 27, S. 799.
[2]) ETZ 60 (1939) H. 12, S. 371; 59 (1938) S. 1077.

Digitized by Google

Anwendung des Drehstromes auf Schiffen eine Ausnahme. In Amerika hat die Kriegsmarine im Jahre 1928 ein Schiff mit einem Drehstrombordnetz ausgerüstet, außerdem sind einige kleinere Küstenfahrzeuge mit Drehstrom für Kraft und Beleuchtung gebaut worden[3]. In Deutschland ist erst durch die Entwicklung des dieselelektrischen Schiffsantriebes mit Drehstrom diese Stromart für das Bordnetz genommen worden. Erstmals ist das Bordnetz der „Wuppertal“ zur Versorgung mit Drehstrom ausgeführt worden[4]. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit wird auf See das Bordnetz über Transformatoren vom Hauptnetz gespeist. Seitdem erhielten die „Patria“ und einige weitere Neubauten der Hamburg-Amerika Linie, sowie das KdF.-Schiff „Robert Ley“ mit Drehstrom gespeiste Bordnetze und Schiffshilfsmaschinen.

B. Die Krafterzeugung bei Gleichstrom und Drehstrom.

1. Allgemeines.

Die Gesamtleistung, die die Krafterzeugungsanlage eines Schiffes haben muß, und die erforderliche Unterteilung richten sich nicht nur nach dem Gesamtbedarf aller eingebauten Stromverbraucher, sondern werden entscheidend beeinflußt von der Art und Größe des Schiffes, von seinem Verwendungszweck, von Reisedauer und Reiseweg. Es besteht hierbei ein grundsätzlicher Unterschied zwischen einem Kriegsschiff und einem Handelsschiff[5]. Das erste erfordert mit Rücksicht auf erhöhte Betriebssicherheit unter besonders erschwerenden Umständen durch die weniger fachmännische Behandlung von der in kurzen Zeitabständen wechselnden Bedienungsmannschaft, durch die ungeheuren Schußerschütterungen im Gefecht, durch gelegentliche Überflutungen, eine weit größere leistungsmäßige und räumliche Unterteilung der Kraftwerksleistung als das Handelsschiff. In einem größeren Kriegsschiff sind meist mehrere Elektrizitätswerke vorhanden, die auf besondere Stromkreise arbeiten. Beim Handelsschiff spielen die Wirtschaftlichkeit und die Baukosten der Anlage eine viel größere Rolle. Unabhängig von den eigentlichen Krafterzeugern werden auf fast allen größeren Schiffen, im besonderen auf Passagierdampfern, mit Rücksicht auf die Sicherheit und Bequemlichkeit der Fahrgäste besondere Notstrom-Maschinensätze in besonderen Räumen über der Wasserlinie aufgestellt, die durch Dieselmotoren unabhängig von den übrigen Anlagen angetrieben werden. Sie dienen beim Ausfall der übrigen Krafterzeuger zum Speisen der Notbeleuchtung, der FT-Anlage, der Signallaternen, der Kompaß- und Befehlsanlagen.

Wenn sich auch keine eindeutige Abhängigkeit der Kraftwerksleistung von der Größe des Schiffes angeben läßt, da diese zu sehr vom Verwendungszweck und der Art des Schiffes abhängig sind, so besteht doch ein gewisser Zusammenhang zwischen der Schiffsgröße und der Kraftwerksleistung. Bei neueren Handelsschiffen beträgt die Kraftwerksleistung etwa 0,1 kW je Bruttoregistertonne. Bei Kriegsschiffen ist die Kraftwerksleistung mit Rücksicht auf weitgehende Reserve wesentlich größer.

Ein Vorteil der Drehstromversorgung ist, daß der Synchrongenerator gegenüber dem Gleichstromgenerator eine wesentlich größere Betriebssicherheit hat. Ferner ist der Dauerkurzschlußstrom eines Synchrongenerators nur zwei- bis viermal so groß wie der Nennstrom, während er beim Gleichstromgenerator mindestens dem zehnfachen Nennstrom entspricht. Ein Synchrongenerator ist nach einem Kurzschluß auch sofort wieder betriebsbereit, beim Gleichstromgenerator muß nach einem Kurzschluß zum mindesten der Stromwender mit einem Bimsstein gereinigt werden. Der Drehzahlbereich ist bei Gleichstrom beschränkt und von der Größe abhängig. Mit vertretbaren Baukosten und erträglichem Werkstoffaufwand ergeben sich bei Gleichstromgeneratoren Höchstdrehzahlen:

bis	200 kW	3000 U/min,
„	400 „	2000 „
„	800 „	1500 „
„	1200 „	1000 „

Bei Drehstromsynchrongeneratoren läßt sich für diesen Leistungsbereich ohne weiteres die Drehzahl von 3000 U/min anwenden.

2. Spannungsregelung.

Die Spannungsregelung ist bei Gleichstrom durch die Kompoundwicklung ohne einen zusätzlichen selbsttätigen Spannungsregler möglich, während der Drehstromgenerator immer einen selbsttätigen Spannungsregler benötigt. In neuster Zeit hat man versucht, eine Aufkompoundierung über Stromwandler und Gleichrichter zu erreichen. Diese Lösung setzt allerdings voraus, daß der $\cos \varphi$ bei Last annähernd konstant ist. Einfacher ist aber die normale Spannungsregelung mit Schnellregler. Der selbsttätige Drehstromspannungsregler nimmt im Gegensatz zum Gleichstromregler keinen Einfluß auf die Last.

3. Das Parallelarbeiten von Gleichstrom- und Drehstromgeneratoren.

Um einen einwandfreien Parallellauf von Gleichstromgeneratoren zu gewährleisten, muß ein Ausgleichleiter zur Kompoundwicklung verlegt werden. Der Querschnitt dieses Ausgleichleiters muß mit Rücksicht auf den geringen Spannungsabfall groß gewählt werden. Zum Spannungslosmachen der Maschine bei Instandsetzungsarbeiten muß in die Leitung ein Schalter eingebaut werden.

Ein Parallellauf von Drehstromgeneratoren mit selbsttätigen Spannungsreglern ist wesentlich einfacher. Es muß lediglich ein Stromwandler zur Kompoundierung des Spannungsreglers verwendet werden.

Das Parallelschalten von Drehstromgeneratoren erscheint zunächst schwieriger wegen der Erfassung des richtigen Schaltaugenblicks. Tatsächlich ist dies aber nur eine Übungssache, die sich sehr schnell erlernen läßt, um so mehr da beim Zusammenschalten zweier Maschinen keine so große Genauigkeit infolge der Nachgiebigkeit beider Teile notwendig ist wie beim Schalten einer Maschine auf ein starres Netz. Anderseits ist von großem praktischen Nutzen, daß die Spannungsunterschiede vor der Schaltung, wie sie durch Instrumentenfehler immer wieder hervorgerufen werden, bei Drehstrom fast gleichgültig sind, bei Gleichstrom dagegen sehr störend sein können, besonders dann, wenn Rückstromrelais eingebaut sind.

4. Die Lastverteilung.

Die Lastverteilung bei parallel arbeitenden Maschinen wird erreicht:

a. bei Drehstrom wird die Wirklast praktisch nur durch den Regler der Antriebsmaschine, die Blindlast und damit auch die Spannung nur durch den elektrischen Regler, der auf den Polradstrom einwirkt, eingestellt;

b. bei Gleichstrom wird die Wirklast und die Spannung durch den elektrischen und nur in Ausnahmefällen durch den mechanischen Regler beeinflußt. Wird z. B. bei parallelgeschalteten Gleichstromturbogeneratoren der Drehzahlregler auf sinkende Drehzahl eingestellt, d. h. die Dampfzufuhr gedrosselt, so geht die Last und je nach der Kompoundierung auch die Spannung zurück. Um den Ausgangszustand wieder herzustellen, muß der Feldstrom erhöht werden.

Bei parallel arbeitenden Gleichstromgeneratoren ist es erforderlich, mit Rücksicht auf den notwendigen kleinen ohmschen Widerstand des Ausgleichleiters, daß die Generatoren räumlich beisammen liegen.

[3] Q. B. Newman, Mar. Engng., Philadelphia (1934) S. 15.
[4] ETZ 59 (1938) S. 22.
[5] Siehe Fußnote 1.

Digitized by Google

Für den Parallelbetrieb von Drehstromgeneratoren spielt ihre Entfernung keine Rolle, so daß man hier bei der Aufstellung freie Hand hat.

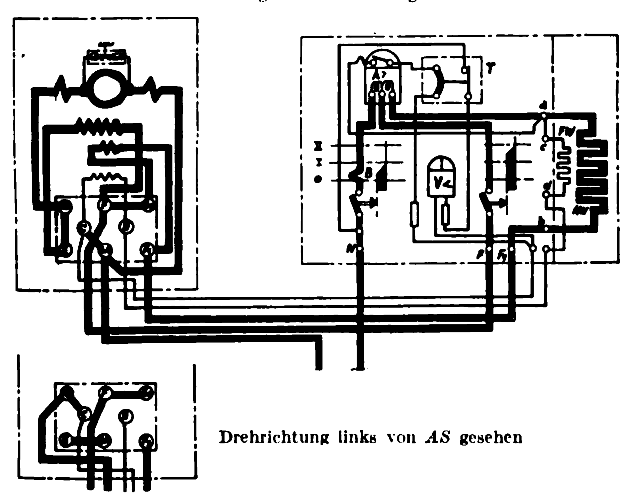
C. Die Stromverteilung.

1. Die Schaltanlagen und Schaltgeräte.

Ein eindeutiger Vergleich von Raumbedarf, Gewicht und Baukosten der Schaltanlagen ist nur möglich, wenn wir eine scharfe Trennung durchführen für die drei Ausführungsmöglichkeiten:

1. Gleichstromanlagen mit einpoliger Verlegung;
2. Gleichstromanlagen mit zweipoliger Verlegung;
3. Drehstromanlagen mit dreiphasiger Verlegung.

Ausführliche Vergleichsentwürfe, die ohne Absicht und unparteiisch durchgearbeitet wurden und den Anspruch auf Sachlichkeit und Gründlichkeit erheben dürfen, haben ergeben, daß die übersichtlichsten, einfachsten, raumsparendsten und billigsten Hauptschaltanlagen bei Verwendung von Gleichstrom mit einpoliger Verlegung erreicht werden. An zweiter Stelle steht die Drehstromanlage und erst an dritter Stelle die Gleichstromanlage mit zweipoliger Verlegung. So beträgt z. B. der Platzbedarf der gesamten Bordnetz-Schaltanlage für ein ausgeführtes Kriegsschiff bei Gleichstrom 30 m², dagegen würde er bei Drehstrom nur 24 m² betragen. Der Platzbedarf ist in diesem Fall demnach bei Drehstrom rd. 25 % geringer als bei Gleichstrom.



AW Anlaßwiderstand
FW Feldwiderstand
B Blasspule
A > Überstromauslösung
V < Nullspannungsauslösung
T thermischer Auslöser

Abb. 1. Gleichstromnebenschlußmotor mit Hilfs- und Anlaß-Reihenschlußwicklung und Anlaßschalter.

Auf Handelsschiffen mit Gleichstrombordnetzen ist als Unterverteilungstafel die Marmortafel, die seitlich mit Blech verkleidet ist, immer noch am gebräuchlichsten. Auf diesen Tafeln werden für jeden Motor oder Kraftabzweig Sicherungen und Hebelschalter aufgebaut. Für wertvollere Anlagen, im besonderen mit größeren Leistungen, wird an Stelle des Hebelschalters ein einpoliger Automat verwendet und der Anlasser muß getrennt, meist in der Nähe des Motors, aufgestellt werden. Auf allen Schiffen wird der Platzbedarf dieser Gleichstromanlasser, die alle mehr oder weniger kostspielig sind, sehr störend empfunden. Man hat daher für ungeregelte Antriebe nach Anlaßverfahren und -geräten gesucht, um den Raumbedarf auf das äußerste zu beschränken. Versuche haben gezeigt, daß gute Ergebnisse erzielt werden können, wenn die Gleichstrommotoren mit einer Anlaßhauptstromwicklung ausgerüstet werden und der Anlaßvorgang in zwei Stufen unterteilt wird. Auf der ersten Stufe liegt der Motor über der Anlaßwicklung aus Kupfer und vorgeschaltetem ohmschen Widerstand oder über einer Anlaßwicklung mit vergrößertem Widerstand an der Netz-

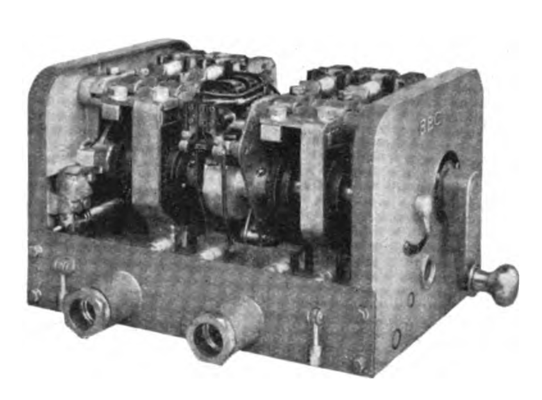


Abb. 2. Anlaßschalter für 600 A in Marineausführung.

spannung. Auf der zweiten Stufe wird die Anlaßwicklung und — wenn vorhanden — der ohmsche Widerstand kurzgeschlossen. Die Schaltung zeigt Abb. 1. Abb. 2 zeigt einen für solche Zwecke gebauten kräftigen Schalter für 600 A mit Langsamschaltung, Überstrom- und Spannungs-

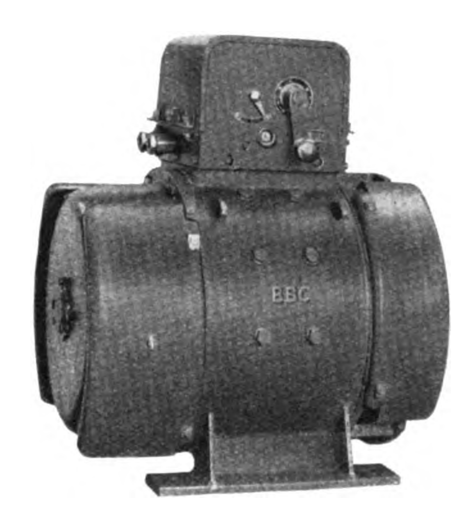


Abb. 3. Schwallwassergeschützter Gleichstrommotor mit aufgebautem Anlaßschalter.

rückgangslösung. Die Schaltglieder sind kräftige, kurvenscheibenbetätigte Hammerkontakte mit Blasspulen und Funkenkammern. Abb. 3 zeigt, wie ein derartiger Schalter bequem auf einem schwallwassergeschützten Motor aufgebaut werden kann.

Um den Aufwand an Anlaßgeräten auf Schiffen zu verringern, hat man versucht, durch sogenannte Mehrfachanlaßvorrichtungen eine Vereinfachung zu erreichen. Bei ihnen ist statt vieler Einzelanlasser für eine ganze Gruppe von Motoren ein einziger Anlasser vorhanden. Auf den Schiffen der Hamburg-Amerika Linie „Caribia“ und „Cordillera“ sind solche Mehrfachanlasser eingebaut worden[6]). Für eine größere Zahl von Motoren ist jeweils ein motorisch angetriebener Selbstanlasser vorhanden. Jeder Motor wird für sich durch einen Anlaßdruckknopf in Betrieb gesetzt. An jeden Selbstanlasser sind im vorliegenden Fall neun Motoren angeschlossen. Die Druckknöpfe sitzen bei den Motoren. Durch einfache Steuervorgänge und die Verkürzung der Leerlaufzeit des Selbstanlassers konnten mit den Mehrfachanlaßeinrichtun-

[6]) Siemens-Z. 13 (1933) S. 212; Goos, Z. VDI 77 (1933) S. 161; Gödecken u. Bleicken, Schiffbau (1933) H. 4.

Digitized by Google

gen erhebliche Fortschritte bezüglich Verringerung des Raum- und Gewichtsbedarfes erzielt werden.

Für die vielen Gleichstromlüftermotoren in einem Schiff hat man vielfach große Schalttafeln aufgestellt und für jeden Motor sind ein Drehschalter, zwei Sicherungen und ein Anlasser vorhanden.

Durch Drehstrom würde sich hier eine wesentliche Vereinfachung ergeben. Man könnte ebenso in einer Tafel alle Abzweige vereinen. Der Raumbedarf wäre nur $^1/_5$ des vorhergehenden. Für jeden Abzweig wäre nur ein dreipoliger Sockelautomat, wie sie z. B. von Stotz-Kontakt gebaut werden, erforderlich. Für die größeren Antriebsmotoren könnten für die Unterverteilungen bei Drehstrom gußgekapselte Schaltgeräte verwendet werden, wie sie in Landanlagen allgemein im Gebrauch sind. Auf der „Wuppertal" haben sich diese Geräte bestens bewährt.

2. Das Kabelnetz.

Auf Handels- und Kriegsschiffen werden für Gleich- und Drehstrom Gummibleikabel und in neuerer Zeit bleimantellose Kabel verwendet. Die heute vorliegenden Bauarten erfüllen die an sie gestellten Forderungen hoher Wärmedruckbeständigkeit, Kältefestigkeit und Ölbeständigkeit. Der Gewichtsanteil des Bleimantels ist bei einem Kabelgewicht von 1,0 bis 1,5 kg/m etwa 0,5 bis 0,7 kg/m, d. h. rd. 50 % des gesamten Kabelgewichtes[7]).

Die Frage, ob bei Gleichstrom die ein- oder zweipolige Verlegung das Richtige ist, war jahrelang heftig umstritten. Der Reeder steht auf dem Standpunkt, daß die Feuersicherheit durch die einpolige Verlegung, durch die Vermeidung von Kriechströmen wesentlich erhöht wurde. Trotz sorgfältigster zweipoliger Verlegung läßt sich auf die Dauer keine vollkommene Schlußfreiheit erreichen. Eingehende Versuche haben ergeben, daß durch Elektroosmose der Minuspol allmählich zerstört wird. Man hat versuchsweise eine Plus- und eine Minusleitung durch feuchtes Sägemehl hindurchgeführt. Nach kurzer Zeit sank der Isolationswert des Minusleiters, während der des Pluspoles annähernd gleichblieb. Bei einpoliger Verlegung wird die Bildung von Kriechströmen vermieden. Bei Drehstrom bzw. Wechselstrom treten diese Schwierigkeiten nicht auf. Die Wiederholung des Versuches mit nassem Sägemehl brachte bei Wechselstrom keine Veränderung des Isolationswertes. Um einen Vergleichsmaßstab für das Kabelgewicht zu gewinnen, sind in Abb. 4 in Abhängigkeit der Leistung die Kabelgewichte in kg/m aufgetragen.

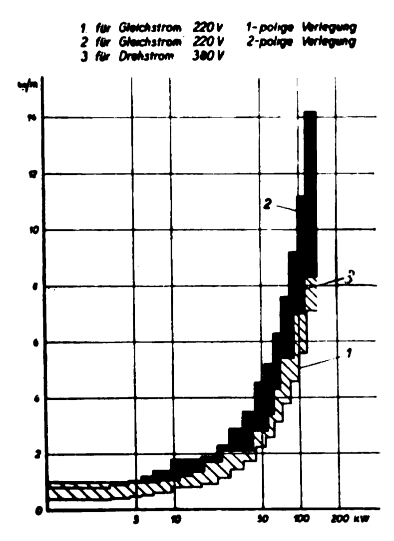


Abb. 4. Gewichte von Marinebleikabeln in kg/m in Abhängigkeit der Leistung.

Die Darstellung zeigt deutlich den Vorteil des Drehstromes gegenüber der zweipoligen Verlegung bei Gleichstrom und umgekehrt den erforderlichen Mehraufwand an Kabeln bei Drehstromanlagen gegenüber der einpoligen Gleichstromanlage.

Bei Drehstrom 380 V wird der Sternpunkt des Generators geerdet, um die Beleuchtung und Raumheizung zwischen Null und einer Phase anschließen zu können. Wenn besondere Gründe für eine geringere Lichtspannung sprechen, kann die Spannung ohne weiteres über Transformatoren auf 110 V herabgesetzt werden. Der Verwendung von Transformatoren steht auf Schiffen gar nichts im Wege. In den Wohnräumen mit Holzverkleidung, wo keine Möglichkeit der Erdung gegeben ist, muß bei Gleichstrom der Minuspol, bei Wechselstrom der Nullleiter mit verlegt werden. Da aber in diesen Räumen billige NGA-Leitungen verlegt werden, bringt dies für beide Fälle keine nennenswerte Verteuerung.

3. Die Installationsgeräte und die übrigen elektrischen Geräte.

Die Installationsgeräte sind heute so hoch entwickelt und von den Normenausschüssen nur Ausführungen zugelassen, die höchste Betriebssicherheit gewährleisten. Durch einwandfreien Berührungsschutz und gute Erdung ist dafür gesorgt, daß Menschenleben nicht gefährdet werden, gleichgültig, ob Gleich- oder Drehstrom verlegt ist.

Drehstrom hat den Vorteil, Elektrodenheizung anwenden zu können. Für Kochkessel, Kartoffeldämpfer, für die Wäscherei, für das Anwärmen von Frischwasser und vor allem für die Raumheizung hat sich auf neueren Schiffen die Elektrodenheizung immer mehr eingeführt.

D. Die Hilfsmaschinen.

1. Regelantriebe (Winden, Spills, Rudermaschinen).

Wir müssen die Hilfsmaschinen an Bord einteilen in Antriebe mit gleichbleibender und solche mit wechselnder Geschwindigkeit bzw. Drehzahl, um nach diesen Merkmalen die zweckmäßigste Stromart zu wählen.

Die Deckswinden und Spills müssen bekanntlich in der Drehzahl sehr fein geregelt werden. Aus diesem Grunde hat man bis vor kurzem für den Antrieb fast ausschließlich Gleichstrommotoren verwendet. Dem Verwendungszweck entsprechend wurden hierzu die verschiedenartigsten Schaltungen und Schaltgeräte entwickelt. Am gebräuchlichsten ist die Umkehrsteuerwalzensteuerung durch Widerstandsregelung im Hauptstrom und anschließende Feldschwächung, sowie der Windenantrieb mit Zu- und Gegenschaltung, um eine wesentlich höhere Geschwindigkeit für das Einholen der leeren Trosse zu erreichen. Anderseits besteht die Forderung, mit geringster Geschwindigkeit die um die Last gelegte Seilschlinge zuziehen zu können. Da man früher fast ausschließlich Dampfwinden verwendete, und damit eine stetige Regelung möglich war, dauerte es viele Jahre, bis die Steuerung der elektrisch angetriebenen Winde so weit durchentwickelt war, daß sie die Regelfähigkeit der Dampfwinde erreichte. Die heute für Gleichstrom üblichen Steuerungen entsprechen den gestellten Anforderungen. Die Ersparnisse, die damit erzielt werden, sind gegenüber der Dampfwinde außerordentlich groß. Die elektrische Winde hat noch den Vorteil, daß sie im Winter nicht einfriert. Die Unterhaltungskosten für den elektrischen Teil sind aber sehr groß. Man hat daher nach Mitteln und Wegen gesucht, den Antrieb zu vereinfachen. Man versuchte, einen mit konstanter Drehzahl laufenden Motor zu verwenden und die Geschwindigkeitsregelung in den mechanischen Teil, z. B. in ein Flüssigkeitsgetriebe, zu verlegen. Wenn diese Bauart befriedigt, dann hat der Gleichstrommotor zum Antrieb der Winden keine Berechtigung mehr. Dann sollte man durchweg Drehstrom-Kurzschlußläufermotoren verwenden.

Da aber in absehbarer Zeit die mechanisch geregelte Winde das Feld noch nicht erobern wird, wurden von allen Seiten Anstrengungen gemacht, feinstufige Regelungen auch für Drehstrom zu entwickeln. Eine Firma versucht die Lösung mit Derimotoren und hat Probeausführungen bereits auf einem Schiff eingebaut, die andere wählt polumschaltbare Motoren in Verbindung mit Widerstandsregelung, die dritte verwendet zum Antrieb den Gleichstrommotor und baut in der Windengrundplatte einen Leonardumformer ein. Wenn diese Lösungen auch

[7]) Siehe Ch. Breitenstein, ETZ 60 (1939) H. 28, S. 840, Zahlentafel 4.

Digitized by Google

alle noch in der Enwicklung begriffen sind, so kann doch schon gesagt werden, daß bei Drehstrom regelbare Antriebe gebaut werden können, die dem bisherigen Gleichstromantrieb nicht nur gleichwertig, sondern sogar überlegen sind. Z. B. ist eine Winde mit Gleichstrommotor, die über einen Leonardumformer (Drehstrom-Gleichstrom) gespeist wird, jeder Walzensteuerung im Hauptstrom überlegen. Der Aufwand für den Umformer, der raschlaufend mit einem billigen Kurzschlußläufermotor angetrieben werden kann, ist nicht größer als für Umkehrsteuerwalzen. Für Krananlagen an Land, die eine sehr feinstufige Regelung unabhängig von der Belastung verlangen, werden heute auch allgemein Leonardsteuerungen über Umformer oder Antriebe über Deri- oder Drehstrom-Kommutatormotoren angewendet. Das gleiche gilt für die Anker- und Verholspills, sowie bei Dampfschiffen für die Drehzahlregelung der Saugzuglüfter.

2. Die geregelten Antriebe (Lüfter, Pumpen).

Es muß angenommen werden, daß für eine Unzahl von Hilfsmaschinen auf einem Schiff auf die Regelung vollständig verzichtet werden könnte, wenn man die Arbeitsmaschinen genau berechnen und dem Antrieb anpassen würde. In den meisten Fällen sind die Arbeitsmaschinen in größeren Stückzahlen gebaut und an Bord erprobt worden, so daß die Arbeitsweise genau festliegt. Man könnte daher bei der richtigen Wahl des Antriebsmotors für die Lüfter und Pumpen sicherlich auf eine Drehzahlregelung verzichten. Äußerstenfalls könnte man bei Gleichstrom die Drehzahl des Motors durch einen Feldschwächungswiderstand abstimmen. Bei Pumpen und Lüftern besteht aber keine Schwierigkeit, den genauen Betriebspunkt durch Drosselung auf Saug- oder Druckseite einzustellen. Wenn man also auf die Drehzahlregelung verzichtet, so ist der Antrieb mit Gleichstrom durch nichts begründet, da er gegenüber dem Drehstrom nur Nachteile hat. J. Belsey hat für ein Schiff untersucht, wie viele Motoren als Kurzschlußläufermotoren gebaut werden könnten[8]). Es ergab sich, daß von insgesamt 288 Motoren 266 als Kurzschlußläufermotoren hätten gebaut werden können. Ähnlich sieht es sicher auch bei den meisten deutschen Schiffen aus.

3. Der Aufbau der Maschinen für beide Stromarten.

Als Schutzart für die Motoren, die unter Deck aufgestellt werden, ist für Handelsschiffe Tropfwasserschutz, für die Kriegsmarine Schwallwasserschutz vorgeschrieben. Es überwiegen stehende Bauarten mit Rücksicht auf den geringeren Grundflächenbedarf. Für die Maschinen auf Deck sind durchweg vollkommen geschlossene Bauarten zu verwenden, da diese gegen überkommende See dicht sein müssen. Gegen die Einwirkungen der feuchten salzhaltigen Seeluft wird die Wicklung durch einen Feuchtschutz und vielfach noch durch eine hitzebeständige Isolation geschützt. Die Klemmenkästen der Motoren für die Handelsschiffe sind tropfwassersicher, für die Kriegsmarine durchweg wasserdicht auszuführen. Der Gleichstrommotor ist in seinem Aufbau gegenüber dem Drehstrommotor sehr viel verwickelter und damit gegen die schädlichen Einflüsse empfänglicher. Jeder Bordingenieur kennt zur Genüge die Sorge mit den Gleichstrommotoren. Er weiß, daß Bürsten und Stromwender eine dauernde Überwachung notwendig machen. Es kommt immer wieder vor, daß Kommutatoren Riefen bekommen oder daß sie unrund werden. Bei Überlastungen haben sich wiederholt Stromwenderfahnen ausgelötet oder es sind ähnliche Schäden aufgetreten. Um den Schwallwasserschutz zu erreichen, werden an den Luftein- und Austrittsöffnungen der Maschinen Schutz- und Querbleche notwendig, die die Luftmenge vermindern und damit Baugröße, Gewicht und Preis erhöhen.

Wenn wir dagegen die einfache und widerstandsfähige Bauart eines Kurzschlußläufermotors betrachten, so muß zugegeben werden, daß dieser Motor durch seinen Aufbau am besten für die Aufstellung an Bord geeignet ist. Es ist selbstverständlich, daß bei solchen Kurzschlußläufermotoren der Schutz gegen eindringendes Seewasser längst nicht so stark sein muß. Wenn die Möglichkeit gegeben ist, daß das Wasser abläuft, so würde ein einfacher Tropfwasserschutz genügen. Dadurch könnte Motorgröße und damit Gewicht und Preis wesentlich geringer gehalten werden.

Zum Vergleich der Gewichte schwallwassergeschützter Gleich- und Drehstrommotoren sind in Abb. 5 die Einheitsgewichte in kg/kW in Abhängigkeit der Leistung für verschiedene Drehzahlen dargestellt.

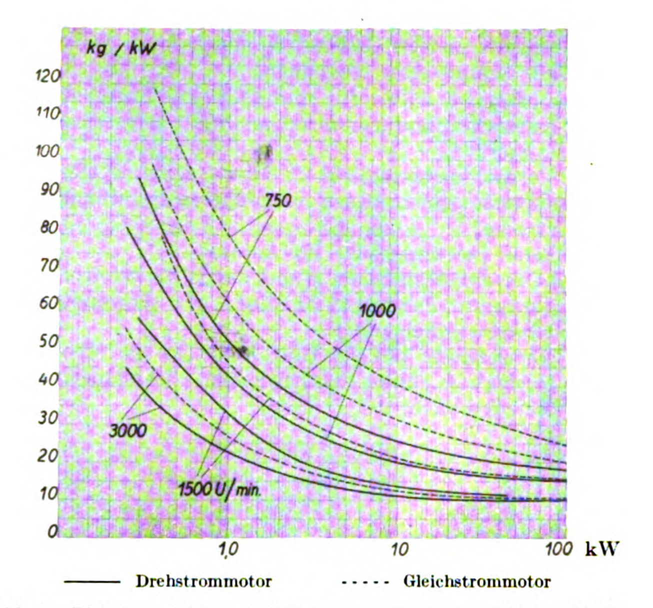


Abb. 5. Einheitsgewichte in kg/kW von schwallwassergeschützten Gleich- und Drehstrommaschinen für verschiedene Leistungen und Drehzahlen.

Die Darstellung zeigt die große Überlegenheit des Drehstromkurzschlußläufermotors gegenüber dem Gleichstrommotor.

Für Antriebe, die niedrige Drehzahlen erfordern, wie z. B. Kolbenverdichter und Kolbenpumpen, können vorteilhaft Getriebemotoren angewendet werden. Es sind heute gut durchentwickelte Bauarten auf dem Markt, die in langjährigem Betrieb ihre Brauchbarkeit bewiesen haben.

E. Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von Gleichstrom und Drehstrom.

An einem Beispiel soll die gewichtsmäßige Überlegenheit der Drehstromanlage für ein Kriegsschiff gegenüber der Gleichstromanlage vor Augen geführt werden. Auf einem Kriegsschiff wog die ausgeführte Gesamtanlage in Gleichstrom einschließlich der Stromerzeuger, Schaltanlagen, Unterverteilungen, Kabel, Schaltgeräte und aller übrigen elektrischen Einrichtungen 770 t, während die gleiche Anlage bei Drehstrom auf Grund genauester Durcharbeitung nur 680 t, also 12 % weniger wiegen würde. J. Belsey veröffentlichte in dem vorerwähnten Aufsatz[9]) ein Beispiel, wo die Gleichstromanlage 392 t, die Drehstromanlage nur 286 t, also 27 % weniger wog und 12,5 % weniger kostete. Die Beispiele zeigen, daß durch Drehstrom der Werkstoffbedarf, im besonderen der Kupferverbrauch wesentlich eingeschränkt werden könnte.

Zum Schluß werden noch einmal die Vor- und Nachteile zusammengestellt, die mit der Anwendung des Drehstromes für Bordnetze und Schiffshilfsmaschinen verbunden sind:

[8]) Mitt. des Inst. Mar. Engrs. (1934) S. 111.

[9]) Siehe Fußnote 8.

Digitized by Google

Als Vorteile der Drehstromanlage sind zu werten:

1. geringeres Gewicht und geringerer Raumbedarf der gesamten elektrischen Anlage;
2. Verwendung einfacher betriebssicherer Maschinen für den Antrieb der nicht zu regelnden Antriebe;
3. Anwendung von Leonardantrieben über billige Drehstrom-Gleichstrom-Umformer für feinstufig zu regelnde Antriebe;
4. kleinere Maschinen durch die Anwendung schwächerer Schutzarten;
5. geringere Gefährdung der Bedienungsmannschaft durch den Fortfall der Stromwender und Bürsten;
6. die Möglichkeit, die Drehstromgeneratoren im Gegensatz zu den Gleichstromgeneratoren vollkommen kurzschlußsicher zu bauen;
7. einfache Schalter für unmittelbares Einschalten der Kurzschlußläufermotoren an Stelle der teueren Anlaßgeräte;
8. Verwendungsmöglichkeit der schlagwetter- und explosionsgeschützten Ausführungen für Sonderzwecke;
9. keine Störungen der FT-Anlage;
10. keine Zerstörung der Kabel durch Elektroosmose;
11. geringere Feuersgefahr durch die Anwendung der Elektrodenheizung;
12. Verwendung billiger Umformer für die FT-Anlage;
13. Verlegung eines einheitlichen Schiffsnetzes für Kriegsschiffe.

Den Vorteilen stehen folgende Nachteile der Drehstromanlage gegenüber:

1. schlechteres Anpassen der Motordrehzahl an die Arbeitsmaschine;
2. die Notwendigkeit des Synchronisierens beim Parallelschalten von Drehstromgeneratoren. Bei genügender Ausbildung und Übung der Mannschaft wird das Zusammenschalten keinerlei Schwierigkeiten bereiten und schnell vonstatten gehen;
3. erforderliche Anwendung von selbsttätigen Spannungsreglern für die Drehstromgeneratoren durch die Eigenart der äußeren Kennlinie;
4. größere Hauptschaltanlagen und größerer Kabelaufwand gegenüber der Gleichstromanlage mit einpoliger Verlegung.

Zusammenfassung.

Die Entwicklung des diesel- und turboelektrischen Schiffsantriebs und der wachsende Bedarf an elektrisch angetriebenen Schiffshilfsmaschinen zwingt zu einer eingehenden Prüfung, ob Gleichstrom oder Drehstrom für die Bordnetze und Schiffshilfsmaschinen verwendet werden soll. Aus diesem Grunde wurden vorstehend die Krafterzeugung, die Stromverteilung und die Hilfsmaschinen für die beiden Stromarten miteinander verglichen, und die Vor- und Nachteile einander gegenübergestellt. Es wird nachgewiesen, daß in Zukunft der Drehstrom öfter als bisher angewendet werden sollte.

Anforderungen des Verbundbetriebes an die Erregung und Spannungsregelung großer Generatoren.

DK 621.313.322-181.2 : 621.316.722 : 621.316.2

Die Frage der Spannungsregelung hat bei Verbundbetrieb mit Rücksicht auf die Stabilität der Generatoren im Störungsfall eine viel größere Bedeutung als bei Betrieb einer Gruppe von kurz gekuppelten Generatoren[1]). Eine Abstimmung der Generatoren auf gleiche Eigenschwingungszahl, wie sie bei Kurzkupplung grundsätzlich möglich ist, ist bei Verbundbetrieb im allgemeinen nicht durchführbar, weil der Anfallpunkt des Stoßes unbestimmt ist. Die Gefahr des Außertrittfallens ist deshalb erheblich größer als bei Kurzkupplung. Außerdem sind die synchronisierenden Kräfte je nach der Länge der Kuppelleitung mehr oder minder gedämpft, was als weiteres ungünstiges Moment hinzukommt.

Wenn man nun nach Mitteln sucht, die einen Ausgleich bringen können und man von den selbstverständlichen Maßnahmen der möglichst schnellen Störungsbeseitigung absieht, so bleibt übrig, insbesondere die Erregermaschinen durchweg mit viel größeren Erregungsgeschwindigkeiten auszustatten als das bisher auch bei den Generatoren des Verbundbetriebes üblich war. Zur Erzielung hinreichender Erregungsgeschwindigkeiten ist es unerläßlich, an Stelle der Selbsterregung der Erregermaschine die Fremderregung zu setzen. Geeignete Mittel zur Fremderregung der Erregermaschine stellen Hilfserregermaschinen, Batterien oder Umformer dar. Weiterhin ist die Verminderung der Zeitkonstanten der Erregermaschine durch Schnellerregung und Unterdrückung der Wirbelstrombildung in den magnetischen Bahnen äußerst wünschenswert. So sollten die Erregermaschinen der Generatoren des Verbundbetriebes stets mit lamellierten Polen und Jochen ausgeführt werden. Bei Anwendung der genannten Maßnahmen erhält man bei 220 V-Erregermaschinen eine Erregungsgeschwindigkeit bis zu 800 V/s. Mit derartigen Erregermaschinen ist es möglich, auch bei heftigen Laststößen, das Luftspaltfeld der Generatoren festzuhalten, und zwar deshalb, weil aus inneren physikalischen Gründen ohne unser Zutun ein Sprung des Polradstromes des Generators auftritt, der den größten Teil der Gesamtänderung des Erregerstromes ausmacht. Die Erregermaschine muß imstande sein, diesen sprunghaft geänderten Erregerstrom festzuhalten, indem sie möglichst sprunghaft ihre Spannung dem geänderten Erregerstrom anpaßt.

Die Frage des Spannungsüberschusses der Erregermaschine ist demgegenüber von mehr sekundärer Bedeutung. Ein angemessener Überschuß jedoch wird als sehr wünschenswert angesehen, weil es dann möglich ist, bei Fernkurzschlüssen die Spannung auf nahezu dem vollen Wert zu halten. Das wird unter Zugrundelegung statistischer Zahlen des praktischen Betriebes an Hand von Kurven näher erläutert und begründet, indem für verschiedene Erregermaschinen mit Fremd- und Selbsterregung Kurven des Stroms- und Spannungsverlaufes nach einem Kurzschluß gezeigt werden. Bei Beurteilung dieser Kurven ist besonders zu beachten, daß die Standzeiten eines Fehlers in einem modernen, mit Selektivschutz ausgerüsteten Netz in etwa 70 bis 80% der Fälle etwa 0,5 s und in etwa 20 bis 30% etwa 1,5 s betragen. Zum Einsatz der Übererregung eignen sich direkte Spannungsregler zweckmäßiger Konstruktion ganz besonders gut, weil sie ohne zusätzliche Geräte diesen Einsatz schnell genug zustande bringen. Dieses günstige Verhalten ist der elastischen Rückführung zu verdanken; an Hand eines schematischen Bildes eines direkten Spannungsreglers wird dies näher erläutert.

Einige typische Fälle des Kurzschlusses auf einer Kupplungsleitung oder hinter einem Transformator bzw. auf einer Stichleitung werden untersucht und ihr Einfluß auf Spannung und Stabilität bei verschiedenen Erregermaschinen erörtert. Die Überlegenheit einer schnellen Erregermaschine mit etwa 40 bis 60% Spannungsüberschuß bezogen auf Nennlast und $\cos\varphi = 0,7$ kommt bei dieser Untersuchung deutlich zum Ausdruck. Zusammenfassend wird daher empfohlen, im Verbundbetrieb stets Schnellerregermaschinen mit angemessener Spannungsreserve vorzusehen.

[1]) A. Einsele, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 145; 6½ S., 8 Abb.

Digitized by Google

Leistung und Dämpfung in Abschlußwiderständen.

Von Max Skalicky, Graz.

DK 621.392.4/.5.016.2 + .018.8

Übersicht. **In der vorliegenden Arbeit werden die Leistungen in Abschlußwiderständen bei Zweipolen und von Vierpolen untersucht und die Größe der Abschlußwiderstände ermittelt, die ein Maximum der abgegebenen Leistung erzielen. In den ersten Abschnitten wird besonders der Zweipol eingehend behandelt, da bezüglich Größe und Phasenmaß des angepaßten Abschlusses für maximale Leistung häufig unklare Vorstellungen bestehen. Die Arbeit beschränkt sich auf symmetrische Vierpole. Ihre Ergebnisse können mit geringen Abänderungen auf unsymmetrische und entartete Vierpole angewendet werden.**

1. Maximale Scheinleistung im Zweipol.

Eine Wechselstromquelle mit der Spannung $\mathfrak{E}$ und dem inneren Widerstand $\mathfrak{R}_i$ ist mit einem äußeren Widerstand $\mathfrak{R}_a$ abgeschlossen (Abb. 1). Die Leistung, die an $\mathfrak{R}_a$ abgegeben wird, ist:

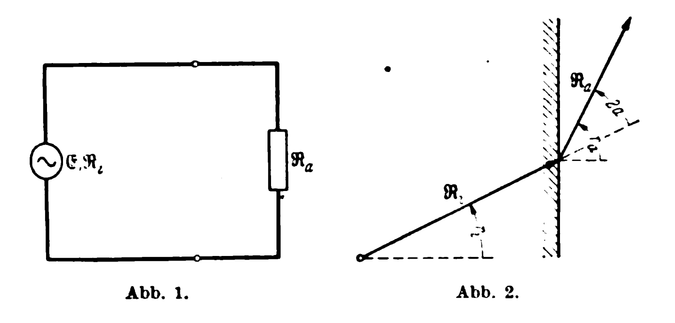


Abb. 1. Abb. 2.

$$L = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{|\mathfrak{R}_i + \mathfrak{R}_a|^2}\,|\mathfrak{R}_a| = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{1}{\left|\dfrac{\mathfrak{R}_i + \mathfrak{R}_a}{2\sqrt{\mathfrak{R}_i}\sqrt{\mathfrak{R}_a}}\right|^2}\,. \quad (1)$$

Wir setzen nun $\mathfrak{R}_a/\mathfrak{R}_i = e^{2\mathfrak{a}}$ (e ist die Basis des natürlichen Logarithmensystems; $\mathfrak{a} = b + i\,a$) und erhalten damit:

$$L = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{1}{\left|\dfrac{\dfrac{\sqrt{\mathfrak{R}_a}}{\sqrt{\mathfrak{R}_i}} + \dfrac{1}{\dfrac{\sqrt{\mathfrak{R}_a}}{\sqrt{\mathfrak{R}_i}}}}{2}\right|^2} = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{1}{\left|\dfrac{e^{\mathfrak{a}} + \dfrac{1}{e^{\mathfrak{a}}}}{2}\right|^2}$$

$$L = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{1}{|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{a}|^2}\,. \quad (2)$$

Da $\mathfrak{a}$ komplex ist, müssen wir $|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{a}|^2$ erst umformen:

$$|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{a}|^2 = |\mathfrak{Cof}\,b\cos a + i\,\mathfrak{Sin}\,b\sin a|^2.$$

Daraus folgt nach einigen Zwischenrechnungen:

$$|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{a}|^2 = \frac{\mathfrak{Cof}\,2\,b}{2} + \frac{\cos 2\,a}{2}\,. \quad (3)$$

Somit wird die an $\mathfrak{R}_a$ abgegebene Leistung:

$$L = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{1}{\dfrac{\mathfrak{Cof}\,2\,b + \cos 2\,a}{2}}\,. \quad (4)$$

Aus Gleichung $\mathfrak{R}_a/\mathfrak{R}_i = e^{2\mathfrak{a}} = e^{2b + i\,2a}$ erkennen wir, daß $|\mathfrak{R}_a|/|\mathfrak{R}_i| = e^{2b}$ das skalare Verhältnis von $\mathfrak{R}_a$ und $\mathfrak{R}_i$ ist und $2\,a$ (das Phasenmaß) die Verdrehung von $\mathfrak{R}_a$ gegen $\mathfrak{R}_i$ darstellt (Abb. 2).

Hervorzuheben ist noch, daß b und a voneinander unabhängig sind. Wir erkennen, daß L ein Maximum wird, wenn sowohl $\mathfrak{Cof}\,2\,b$ als auch $\cos 2\,a$ ein Minimum werden. Den kleinsten Wert, den $\mathfrak{Cof}\,2\,b$ annehmen kann, ist 1. Damit wird

$$\mathfrak{Cof}\,2\,b = \frac{e^{2b} + \dfrac{1}{e^{2b}}}{2} = 1$$

$$e^{2b} = \frac{|\mathfrak{R}_a|}{|\mathfrak{R}_i|} = 1 \quad |\mathfrak{R}_a| = |\mathfrak{R}_i| \quad 2\,b = 0\,.$$

Da $\mathfrak{R}_a$ (wie aus Abb. 2 zu ersehen ist) keinen negativen Wirkwiderstand haben kann, muß

$$-\left(\frac{\pi}{2} + r_i\right) \leqq 2\,a \leqq \frac{\pi}{2} - r_i$$

sein. Es wird daher $\cos 2\,a$ ein Minimum für

$$\cos\left(-\frac{\pi}{2} - r_i\right) = -\sin r_i\,.$$

Die von $\mathfrak{R}_a$ aufgenommene Scheinleistung wird daher für $\mathfrak{Cof}\,2\,b = 1$, $|\mathfrak{R}_a| = |\mathfrak{R}_i|$ und für $\cos 2\,a = -\sin r_i$ ein Maximum und ergibt den Wert

$$L_{\max} = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|\,\dfrac{(1 - \sin r_i)}{2}}$$

für diesen Wert wird

$$\mathfrak{R}_a = \mathfrak{R}_i\,e^{-i\left(\frac{\pi}{2} + r_i\right)} \qquad |\mathfrak{R}_a| = |\mathfrak{R}_i|\,.$$

2. Die maximale Wirkleistung im Zweipol.

Die an $\mathfrak{R}_a$ abgegebene Scheinleistung ist nach Gl. (1)

$$L = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{|\mathfrak{R}_i + \mathfrak{R}_a|^2}\,|\mathfrak{R}_a|\,.$$

Bezeichnen wir den Phasenwinkel von $\mathfrak{R}_a$ mit r_a (Abb. 2), dann ist die an $\mathfrak{R}_a$ abgegebene Wirkleistung

$$L_w = L\cos r_a$$

oder mit Gl. (2) und Gl. (4)

$$L_w = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{\cos r_a}{|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{a}|^2} = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{1}{\dfrac{\mathfrak{Cof}\,2\,b + \cos 2\,a}{2\cos r_a}}\,.$$

Wir sehen aus Abb. 2, daß

$$2\,a = r_a - r_i\,,$$

mithin ist:

$$L_w = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{1}{\dfrac{\mathfrak{Cof}\,2\,b + \cos(r_a - r_i)}{2\cos r_a}}\,.$$

Die Wirkleistung wird ein Maximum, wenn der zweite Nenner ein Minimum wird. Der kleinste Wert von $\mathfrak{Cof}\,2\,b$ ist 1.

$$\frac{e^{2b} + \dfrac{1}{e^{2b}}}{2} = 1 \text{ für } e^{2b} = \frac{|\mathfrak{R}_a|}{|\mathfrak{R}_i|} = 1\,.$$

Damit wird

$$L_w = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{1}{\dfrac{1 + \cos(r_a - r_i)}{2\cos r_a}}\,.$$

Digitized by Google

Um das Maximum dieses Ausdruckes zu finden, suchen wir weiter das Minimum des zweiten Nenners, das sich für $r_a = r_i$ zu $\cos r_i$ ergibt.

Die maximal an $\mathfrak{R}_a$ abgegebene Wirkleistung beträgt demnach

$$L_{w\max} = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{1}{\cos r_i}.$$

Sie tritt dann auf, wenn $|\mathfrak{R}_a| = |\mathfrak{R}_i|$ und $r_a = -r_i$ ist, also dann, wenn sich die Blindkomponente der skalargleichen Widerstände $\mathfrak{R}_a$ und $\mathfrak{R}_i$ aufheben (Abb. 3).

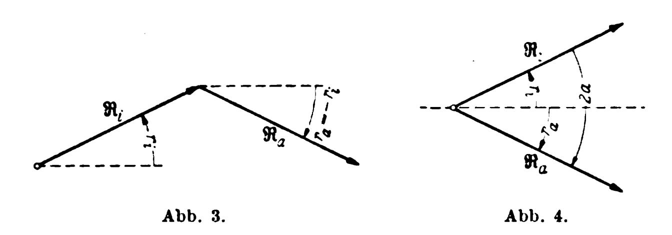


Abb. 3. Abb. 4.

$\mathfrak{R}_a$ hat also im Falle der größten Wirkleistungsaufnahme ein negatives Phasenmaß $-r_i$

$$\frac{\mathfrak{R}_a}{\mathfrak{R}_i} = e^{2a} = e^{-i\,2\,r_i} \qquad |\mathfrak{R}_a| = |\mathfrak{R}_i|.$$

$\mathfrak{R}_a$ ist konjugiert zu $\mathfrak{R}_i$, ist also das Spiegelbild von $\mathfrak{R}_i$ an der reellen Achse (Abb. 4).

3. Geometrische Ableitung der maximalen Scheinleistung im Zweipol.

Wegen der Wichtigkeit, die diese Betrachtungen in der gesamten Schwachstromtechnik besitzen, soll hier noch eine geometrische Ableitung über die maximale Scheinleistung im Zweipol gebracht werden. Wir greifen zurück auf Gl. (1) des ersten Abschnittes.

Die Scheinleistung im Widerstand $\mathfrak{R}_a$ (Abb. 1) ist

$$L = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{|\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_i|^2}\,|\mathfrak{R}_a|.$$

Wir setzen $|\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_i| = G$ (Gesamtwiderstand)

$|\mathfrak{R}_a| = R_a$

und erhalten

$$L = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{\dfrac{G^2}{R_a}}.$$

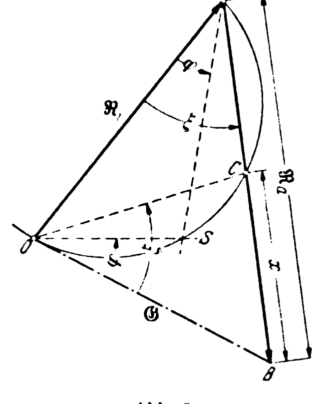


Abb. 5.

Wir zeichnen einen Kreis, der $\mathfrak{R}_i$ als Sehne hat und die Resultierende von $\mathfrak{R}_i + \mathfrak{R}_a = \mathfrak{G}$ in O tangiert.

Bezeichnen wir CB mit x, dann kann auf Abb. 5 der Sehnensatz angewendet werden:

$$G^2 = x\,R_a, \quad x = \frac{G^2}{R_a}.$$

Damit wird $L = |\mathfrak{E}|^2/x$ und L ein Maximum, für x ein Minimum. Für ein gegebenes $\mathfrak{R}_i$ und eine gegebene Richtung von $\mathfrak{G}$ wird x ein Minimum dann, wenn die Richtung von $\mathfrak{R}_a$ senkrecht steht zur reellen Achse; wenn $\xi = \varphi$ wird. Kleiner kann unter diesen beiden Voraussetzungen x nicht werden, sonst würde der Wirkwiderstand von $\mathfrak{R}_a$ negativ, und das ist unmöglich. Wir machen uns noch frei von der Voraussetzung, daß die Richtung von $\mathfrak{G}$ gegeben ist, und nehmen nur noch $\mathfrak{R}_i$ und damit φ als gegeben an.

Nun drehen wir den Sektor SOB (Abb. 6) mit dem festen Winkel φ derart, daß er auf der Senkrechten durch A den kleinsten Wert von x abschneidet. Dieser kleinste Abschnitt x_0 wird aber dann erzielt, wenn die Winkelhalbierende vom Winkel φ parallel zur reellen Achse verläuft. Damit wird $|\mathfrak{R}_a| = |\mathfrak{R}_i|$, weil $\triangle\,OAB$ gleichschenkelig ist. Die maximale Scheinleistung in $\mathfrak{R}_a$ ist danach

$$L_{\max} = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{x_0},$$

und wenn der Wert von x_0 berechnet wird (aus Abb. 7), kommen wir für $L_{\max}$ auf den schon im 1. Abschnitt gefundenen Ausdruck

$$L_{\max} = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}\,\frac{2}{(1-\sin r_i)}.$$

Die Leistung, die eine Wechselstromquelle mit der Spannung $\mathfrak{E}$ und dem inneren Widerstand $\mathfrak{R}_i$ an einen Abschlußwiderstand von der gleichen Größe $\mathfrak{R}_i$ abgäbe, wäre:

$$L' = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}.$$

Die maximale Leistung ist also im Verhältnis $\frac{2}{(1-\sin r_i)}$ größer. Nehmen wir an, daß $\mathfrak{R}_i$ eine induktive Blindkomponente besitzt, dann müßte $\mathfrak{R}_a$, um die maximale Scheinleistung aufzunehmen, rein kapazitiv sein (Abb. 7).

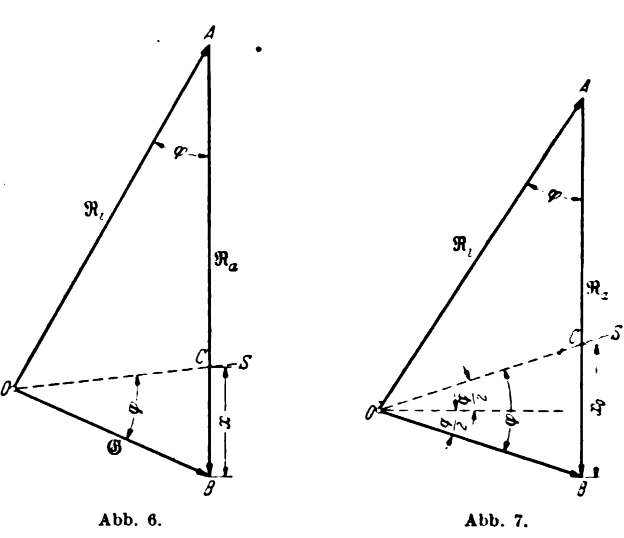


Abb. 6. Abb. 7.

Als wesentliches Ergebnis der vorstehenden Untersuchung aber haben wir gefunden, daß

$$L' = \frac{|\mathfrak{E}|^2}{4\,|\mathfrak{R}_i|}$$

nicht die größte entnehmbare (am Abschlußwiderstand auftretende) Scheinleistung ist. Allgemein verhält sich Gl. (2)

$$\frac{L}{L'} = \frac{1}{|\mathfrak{Cof}\,a|^2}.$$

Dieses Maß werden wir in der Vierpoltheorie häufig wiederfinden.

4. Vierpolabschlußwiderstände.

Die Gleichungen für die Spannungen und Ströme eines symmetrischen Vierpoles mit dem Übertragungsmaß $\gamma = \beta + i\,a$ und dem Wellenwiderstand $\mathfrak{Z}$ lauten (Abb. 8):

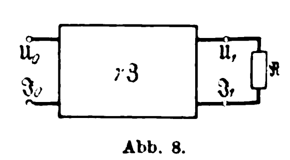


Abb. 8.

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{U}_0 &= \mathfrak{U}_1\left(\mathfrak{Cof}\,\gamma + \frac{\mathfrak{Z}}{\mathfrak{R}}\,\mathfrak{Sin}\,\gamma\right) \\ \mathfrak{J}_0 &= \mathfrak{J}_1\left(\mathfrak{Cof}\,\gamma + \frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}}\,\mathfrak{Sin}\,\gamma\right). \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Digitized by Google

Der Widerstand $\mathfrak{W}$, der an den Eingangsklemmen des Vierpoles gemessen wird, ist:

$$\mathfrak{W} = \frac{\mathfrak{U}_0}{\mathfrak{J}_0}$$

und beträgt:

$$\mathfrak{W} = \frac{\mathfrak{U}_0}{\mathfrak{J}_0} = \frac{\mathfrak{U}_1}{\mathfrak{J}_1} \frac{\mathfrak{Cof}\,\gamma + \frac{\mathfrak{Z}}{\mathfrak{R}}\,\mathfrak{Sin}\,\gamma}{\mathfrak{Cof}\,\gamma + \frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}}\,\mathfrak{Sin}\,\gamma} = \mathfrak{Z}\,\frac{\mathfrak{R}\,\mathfrak{Cof}\,\gamma + \mathfrak{Z}\,\mathfrak{Sin}\,\gamma}{\mathfrak{Z}\,\mathfrak{Cof}\,\gamma + R\,\mathfrak{Sin}\,\gamma}$$

$$\frac{\mathfrak{W}}{\mathfrak{Z}} = \frac{\mathfrak{R}\,\mathfrak{Cof}\,\gamma + \mathfrak{Z}\,\mathfrak{Sin}\,\gamma}{\mathfrak{Z}\,\mathfrak{Cof}\,\gamma + R\,\mathfrak{Sin}\,\gamma}.$$

Subtrahieren wir beiderseits Nenner vom Zähler und dividieren das Ergebnis durch die Summe von Nenner und Zähler, dann erhalten wir:

$$\frac{\mathfrak{W} - \mathfrak{Z}}{\mathfrak{W} + \mathfrak{Z}} = \frac{(\mathfrak{Cof}\,\gamma - \mathfrak{Sin}\,\gamma)(\mathfrak{R} - \mathfrak{Z})}{(\mathfrak{Cof}\,\gamma + \mathfrak{Sin}\,\gamma)(\mathfrak{R} + \mathfrak{Z})}$$

$$\mathfrak{Cof}\,\gamma - \mathfrak{Sin}\,\gamma = \frac{e^{\gamma} + \frac{1}{e^{\gamma}}}{2} - \frac{e^{\gamma} - \frac{1}{e^{\gamma}}}{2} = \frac{1}{e^{\gamma}}$$

analog $\mathfrak{Cof}\,\gamma + \mathfrak{Sin}\,\gamma = \qquad = e^{\gamma}.$

Wir setzen ferner:

$$\frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}} = e^{2\mathfrak{v}} \qquad \mathfrak{v} = s + i\,r$$

$$\frac{\mathfrak{W}}{\mathfrak{Z}} = e^{2\mathfrak{w}} \qquad \mathfrak{w} = x + i\,w$$

und erhalten damit:

$$\frac{\frac{\mathfrak{W}}{\mathfrak{Z}} - 1}{\frac{\mathfrak{W}}{\mathfrak{Z}} + 1} = \frac{1}{e^{2\gamma}}\,\frac{\frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}} - 1}{\frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}} + 1}$$

$$\mathfrak{Tg}\,\mathfrak{w} = \frac{1}{e^{2\gamma}}\,\mathfrak{Tg}\,\mathfrak{v} \tag{6}$$

oder in anderer Schreibweise:

$$1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{w}} = \frac{1}{e^{4\gamma}}\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}}\right). \tag{7}$$

Um nun die Leistungen (und ihr Verhältnis) vor dem Vierpol und am Abschlußwiderstand $\mathfrak{R}$ zu finden, multiplizieren wir die Gl. (5) miteinander und erhalten:

$$\mathfrak{U}_0\,\mathfrak{J}_0 = \mathfrak{U}_1\,\mathfrak{J}_1\left(\mathfrak{Cof}^2\,\gamma + \mathfrak{Cof}\,\gamma\,\mathfrak{Sin}\,\gamma\left(\frac{\mathfrak{Z}}{\mathfrak{R}} + \frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}}\right) + \mathfrak{Sin}^2\,\gamma\right).$$

Durch weitere Umformungen ergibt sich:

$$\mathfrak{U}_0\,\mathfrak{J}_0 = \mathfrak{U}_1\,\mathfrak{J}_1\,e^{2\gamma}\,\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}\left[1 - \frac{1}{e^{4\gamma}}\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}}\right)\right].$$

Mit Benutzung der Gl. (7) folgt:

$$\mathfrak{U}_0\,\mathfrak{J}_0 = \mathfrak{U}_1\,\mathfrak{J}_1\,\frac{e^{2\gamma}\,\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{w}}. \tag{8}$$

$|\mathfrak{U}_0|\,|\mathfrak{J}_0| = L_0$ ist die Eingangsleistung des Vierpoles und $|\mathfrak{U}_1|\,|\mathfrak{J}_1| = L_1$ ist die Leistung am Abschlußwiderstand $\mathfrak{R}$.

$$\frac{L_0}{L_1} = |e^{2\gamma}|\,\frac{|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v}|^2}{|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{w}|^2} \tag{9}$$

$$|e^{2\gamma}| = |e^{2\beta + 2i\alpha}| = e^{2\beta}.$$

Den halben natürlichen Logarithmus des Quotienten L_0/L_1 nennt man Betriebsdämpfung n. Es ist daher

$$e^{2n} = \frac{L_0}{L_1}$$

$$n = \frac{1}{2}\ln\frac{L_0}{L_1} = \beta + \ln|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v}| - \ln|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{w}|. \tag{10}$$

β ist die Vierpoldämpfung

$\ln|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v}|$ die Stoßdämpfung zwischen $\mathfrak{R}$ und $\mathfrak{Z}$
$\ln|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{w}|$ „ „ „ $\mathfrak{W}$ „ $\mathfrak{Z}$.

Betrachten wir einen Vierpol $(\gamma, \mathfrak{Z})$, abgeschlossen mit einem Widerstand $\mathfrak{R} = \mathfrak{Z}$. Dann ist:

$$\frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}} = 1 = e^{2\mathfrak{v}}, \quad \mathfrak{v} = 0, \quad \mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v} = 1$$

und [Gl. (7)]:

$$1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{w}} = \frac{1}{e^{4\gamma}}\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}}\right),$$

für $\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v} = 1$ wird auch $\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{w} = 1$ ($\mathfrak{Tg}\,\mathfrak{v} = 0$, $\mathfrak{Tg}\,\mathfrak{w} = 0$). Daher wird die Betriebsdämpfung n eines so abgeschlossenen Vierpoles (weil $\ln|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v}|$ für $\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v} = 1$ 0 wird) $n = \beta$. Die Betriebsdämpfung ist gleich der Vierpoldämpfung; die Stoßdämpfungen sind 0, aber nur dann, wenn der Vierpol mit einem Widerstand $\mathfrak{R}$ abgeschlossen ist, der vektoriell dem Vierpol-Wellenwiderstand gleich ist.

Die Feststellung, daß bei vektorieller Anpassung des Abschlußwiderstandes an den Wellenwiderstand des Vierpoles ($\mathfrak{R} = \mathfrak{Z}$) die Betriebsdämpfung nur der Vierpoldämpfung gleich ist, läßt die Vermutung aufkommen, daß $n = \beta$ die kleinste mögliche Dämpfung darstellt. Das hieße, daß bei gegebener Eingangsleistung L_0 der Abschlußwiderstand $\mathfrak{R}$ ein Maximum der Leistung erhielte.

Analog dem Verlauf der Abschnitte 1 und 3 und deren Ergebnisse wollen wir nun die Dämpfungs- und Leistungsverhältnisse eines Vierpoles untersuchen, der abgeschlossen ist mit einem Widerstand $\mathfrak{R}$, von dem aber bloß der absolute Wert gleich ist dem absoluten Wert des Wellenwiderstandes.

Wir setzen also $|\mathfrak{R}| = |\mathfrak{Z}|$

$$\frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}} = e^{2\mathfrak{v}} = e^{2s + i\,2r} \quad e^{2s} = 1 \quad \frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}} = e^{i\,2r}.$$

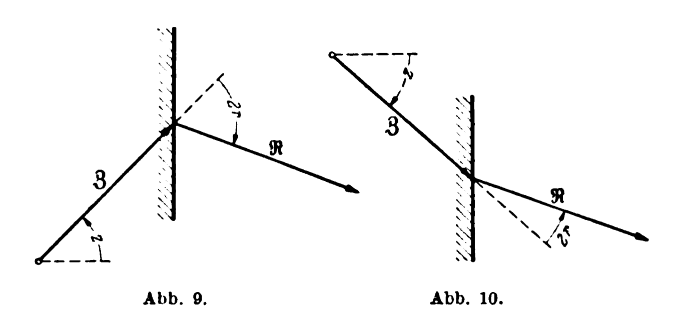


Abb. 9. Abb. 10.

Damit wird $\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v} = \mathfrak{Cof}\,i\,r = \cos r$. Dies verwenden wir in Gl. (7):

$$1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{w}} = \frac{1}{e^{4\gamma}}\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}}\right)$$

$$\frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{w}} = 1 - \frac{1}{e^{4\gamma}}\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}}\right)$$

$$e^{2\gamma}\,\frac{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{w}} = \left[e^{2\gamma} - \frac{1}{e^{2\gamma}}\left(1 - \frac{1}{\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}}\right)\right]\mathfrak{Cof}^2\,\mathfrak{v}.$$

Der absolute Wert der linken Seite stellt [Gl. (9)] das Verhältnis L_0/L_1 dar. Wir bilden also auch den absoluten Wert der rechten Seite und setzen für

$$\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v} = \cos r$$

$$\frac{L_0}{L_1} = \left|e^{2\gamma} + \frac{1}{e^{2\gamma}}\left(\frac{1}{\cos^2 r} - 1\right)\right|\cos^2 r.$$

Daraus ergibt sich endlich:

$$\frac{L_0}{L_1} = e^{2\beta}\left|\cos^2 r + \frac{\sin^2 r}{e^{4\beta}}\,e^{-4i\alpha}\right|. \tag{11}$$

Digitized by Google

Lassen wir nun e^{-4ia} einfach weg, dann wird die rechte Seite des Ausdruckes (absolut) größer, zumindest aber gleichbleiben:

$$\frac{L_0}{L_1} \leqq e^{2\beta}\left(\cos^2 r + \frac{\sin^2 r}{e^{4\beta}}\right) \tag{12}$$

$$\cos^2 r + \sin^2 r = 1 \qquad \cos^2 r + \frac{\sin^2 r}{e^{4\beta}} = y^2.$$

Da $e^{4\beta} \geqq 1$, folgt aus den beiden vorstehenden Hilfsgleichungen, daß $y^2 \leqq 1$ ist. Somit wird

$$\frac{L_0}{L_1} \leqq e^{2\beta} \cdot y^2 \leqq e^{2\beta}$$

und die Dämpfung:

$$n = \frac{1}{2}\ln\frac{L_0}{L_1} \leqq \beta + \ln y \leqq \beta. \tag{13}$$

Wir erkennen nun aus den vorstehenden Gleichungen: für $r = 0$, also für vektorielle Anpassung, $\mathfrak{R} = \mathfrak{Z}$, wird $y = 1$, $n = \beta$. Für jeden anderen Wert von $r > 0$ wird $y < 1$ und die Dämpfung $n < \beta$ ($\ln y$ ist negativ).

Wenn das Phasenmaß von $\mathfrak{Z}$ positiv ist, $\mathfrak{Z}$ also eine positive Blindkomponente hat, dann kann (wie aus Abb. 9 zu sehen)

$$-\left(\frac{\pi}{2} + z\right) \leqq 2r \leqq \left(\frac{\pi}{2} - z\right)$$

sein. Für ein negatives z (Abb. 10) gilt der gleiche Ausdruck, nur muß in dieser Ungleichung statt z der negative Wert gesetzt werden:

$$-\left(\frac{\pi}{2} - z\right) \leqq 2r \leqq \left(\frac{\pi}{2} + z\right).$$

y wird ein Minimum für den größten Wert von r, daher bei

$$\text{pos. } z \text{ für } r = -\frac{\pi}{4} - \frac{z}{2}$$

$$\text{neg. } z \text{ für } r = \frac{\pi}{4} + \frac{z}{2}.$$

Da der Ausdruck für y, $\cos r$ und $\sin r$ im Quadrat enthält, bekommen wir sowohl für positive als auch für negative Werte von z für

$$y_{\min} = \frac{1 - \sin z}{2} + \frac{1 + \sin z}{2\,e^{4\beta}}.$$

Für ein reelles Übertragungsmaß $\gamma = \beta + i\alpha$ wird $\alpha = 0$, damit wird in Gleichung $e^{-4ia} = 1$ und die Ungleichung wird zur Gleichung. Ferner wird in diesem Fall $n = \beta + \ln y$ ($\ln y$ ist negativ).

Zusammenfassung.

Die maximale Leistung im Abschlußwiderstand eines Vierpoles, damit die kleinste Dämpfung, tritt **nicht** dann auf, wenn der Abschlußwiderstand $\mathfrak{R}$ vektoriell dem Wellenwiderstand $\mathfrak{Z}$ gleicht ($\mathfrak{R} = \mathfrak{Z}$), sondern dann, wenn die absoluten Werte dieser Widerstände einander gleich sind $|\mathfrak{R}| = |\mathfrak{Z}|$ und wenn $\mathfrak{R}$ die größtmögliche Phasenverdrehung ($2r$) gegen $\mathfrak{Z}$ besitzt. Die Dämpfung $n = \frac{1}{2}\ln\frac{L_0}{L_1}$ bleibt (für $|\mathfrak{R}| = |\mathfrak{Z}|$) stets kleiner als $\beta + \ln y$, und da $\ln y$ negativ ist (weil $y \leqq 1$ ($y \leqq 1$)), wird $n \leqq \beta$. In allgemeinen Fällen, $\mathfrak{R} \neq \mathfrak{Z}$ und $|\mathfrak{R}| \neq |\mathfrak{Z}|$, ist die Dämpfung $n = \beta + \ln|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{v}| - \ln|\mathfrak{Cof}\,\mathfrak{w}|$.

Die netzseitige Einwirkung von Hochfrequenzstörspannungen auf Rundfunkempfänger.

DK 621.396.823

Auf Grund von Meßergebnissen an einem einfachen Einkreisempfänger und einem Überlagerungsempfänger, jedes Gerät für All- und Wechselstrom, werden in Verbindung mit sonstigen Beobachtungen an Rundfunkempfängern verallgemeinernde Schlüsse über das Verhalten der Rundfunkempfänger gegenüber hochfrequenten Störungen, die über den Netzanschluß zugeführt werden, und die in dieser Hinsicht zustellenden Anforderungen gezogen[1]).

Für die Untersuchungen wurde folgende Meßanordnung gewählt: Auf den abgestimmten Empfänger arbeitet eingangsseitig ohne Zwischenschaltung einer künstlichen Antenne ein niederohmiger Meßsender, die hochfrequente Eingangsspannung E_e wird so gewählt, daß bei 30% Modelung mit einem Ton von 800 bis 1000 Hz in 1 m Abstand vom Lautsprecher im schallgedämpften Raum eine Lautstärke von rd. 60 Phon (Zimmerlautstärke) entsteht. Über die Netzanschlußleitung wird dem Empfänger gleichzeitig symmetrisch und unsymmetrisch von einem zweiten Meßsender eine hochfrequente Störspannung U_n zugeführt, deren Frequenz von der des ersten Meßsenders um 800 bis 1000 Hz abweicht, so daß bei Überlagerung der ungemodelten Träger im Lautsprecher des Empfängers ein Ton von 800 bis 1000 Hz hörbar wird. Als noch zulässig wird die hochfrequente Störspannung U_{nz} bezeichnet, bei der der Störton in 1 m Abstand vom Lautsprecher gemessen, die Lautstärke von 30 Phon erreicht. Damit wird zwischen Stör- und Nutzspannung am Ausgang des Empfängers ein Verhältnis von 1 : 31 hergestellt, während durch die CISPR ein niederfrequentes Spannungsverhältnis von 1 : 100 als wünschenswert festgelegt wurde.

Der Ausdruck $S = \frac{U_{nz}}{E_e} \cdot 100$ wird als Störfestigkeit des Empfängers bezeichnet, der Kehrwert als Störempfindlichkeit.

Die Meßergebnisse an den vier genannten Empfängern sind in der Form $S = f$ (Frequenz) für den Rundfunkbereich aufgezeichnet. Für die Wechselstromausführung des Einkreisempfängers sowie für den Überlagerungsempfänger in beiden Ausführungen liegt S etwa in gleicher Höhe bei 10^3 bis 10^4, für den Einkreisempfänger Allstrom rd. 2 bis 3 Größenordnungen tiefer.

Die Wirksamkeit hochfrequenter Netzfilter, die zur Erhöhung der Störfestigkeit in die Netzzuführung der Empfänger geschaltet werden, hängt sowohl von dem hochfrequenten Netzwiderstand, der sich bei Kabelnetzen in der Größe von 20 bis 80 Ω und bei Freileitungen zwischen 100 bis 600 Ω bewegt, als auch von dem netzseitigen Empfängerwiderstand ab, der sich bei den untersuchten Empfängern zu etwa 10^2 bis 10^4 Ω ergab. Bei dem Einkreisempfänger Allstrom ließ sich durch ein Netzfilter eine wesentliche Erhöhung der Störfestigkeit erreichen.

Zum Schluß wird der (für die praktischen Verhältnisse wahrscheinlich ausschlaggebende) Einfluß des Antennen- und Erdwiderstandes auf die Störfestigkeit des Empfängers untersucht. Die Verkleinerung der Störfestigkeit mit zunehmendem Erdwiderstand wird als ganz wesentlich festgestellt, während die Änderung des Antennenwiderstandes keine merklichen Abweichungen bringt. Aus einem Versuch mit dem Einkreisempfänger wird auf eine größere Störfestigkeit bei Verwendung einer Antenne mit Gegengewicht an Stelle der Erde geschlossen.

Mbs.

[1]) Dennhardt u. Stauss, Hochfrequenztechn. 53 (1939) S. 45; 6 S., 12 Abb.

Digitized by Google

Entwicklung des Berliner Nahverkehrs und seine künftige Gestaltung.

DK 625.62

Der Verkehr innerhalb Berlins wird bedient durch die Verkehrsmittel der Berliner Verkehrsbetriebe (Straßenbahn, Omnibus und U-Bahn) und der Reichsbahn (S-Bahn).

Im Jahre 1938 wurden 1610 Mill Personen befördert. Diese Zahl verteilt sich auf

Straßenbahn mit . . . . 629,9 Mill = 39 %
Omnibus mit . . . . . 180,6 „ = 11 %
U-Bahn mit . . . . . . 260,4 „ = 16 %
S-Bahn mit . . . . . . 539,5 „ = 34 %.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist die Zahl der beförderten Personen in ständiger Steigerung begriffen. Das zeigt besonders die Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Jahr	BVG Mill	Steigerung %	Reichsbahn Mill	Steigerung %	im ganzen Mill	Steigerung %
1933	816,4	—	344,2	—	1160,6	—
1934	882,7	8	395,9	15	1278,6	10
1935	908,9	3	430,3	8,5	1339,2	4,7
1936	950,5	4,5	468,1	8,8	1418,6	6
1937	985,9	3,7	512,3	9,4	1498,2	5,6
1938	1070,9	8,6	539,5	5	1610,4	7,5

Für das laufende Jahr kann ebenfalls mit einer weiteren Steigerung der Gesamtzahl der beförderten Personen gerechnet werden.

Nach Beendigung der emsig fortschreitenden städtebaulichen Um- und Neugestaltung Berlins wird sich auch eine vollkommene Umgestaltung des innerstädtischen Verkehrs vollzogen haben. Schon jetzt während der städtebaulichen Neugestaltung werden sämtliche Maßnahmen, welche eine Änderung bzw. Erweiterung des Berliner Verkehrsnetzes zum Ziele haben, auf die künftige Verkehrsgestaltung abgestellt. Mit dem Fortschreiten der städtebaulichen Arbeiten treten daher naturgemäß auch Verschiebungen innerhalb der obenerwähnten Beförderungsanteile ein, die hauptsächlich durch folgende Notwendigkeiten bedingt sind:

1. durch die Herausnahme der Straßenbahn aus den meisten Straßenzügen innerhalb des 2. Ringes;
2. durch den Ersatz der dadurch in Fortfall kommenden Straßenbahnverbindungen durch den Omnibus und
3. durch den Ausbau des Schnellbahnnetzes der Stadt Berlin und der Reichsbahn.

Der Ausbau des Schnellbahnnetzes sowohl der Stadt als auch der Reichsbahn ist abhängig von dem Ausmaß der für diesen Zweck bereitgestellten Arbeitskräfte, Stoffe und Geldmittel.

Der Ersatz der Straßenbahn durch den Omnibus wird wesentlich abhängig sein von der Sicherstellung der rechtzeitigen Lieferung von Omnibussen für diesen Zweck.

Im besonderen ist über die künftige Entwicklung der drei Verkehrsmittel der Berliner Verkehrsbetriebe zu sagen:

Die Straßenbahn führt ihren Betrieb bei einer Streckenlänge von 572,4 km auf 70 Linien mit zur Zeit 2825 Wagen (1559 Triebwagen und 1266 Beiwagen). Diese Gesamtzahl der Wagen wird sich im nächsten Jahrzehnt verringern.

Durch die städtebauliche Neugestaltung der Reichshauptstadt, besonders durch den Ausbau des Achsenkreuzes, kommen innerhalb des 2. Ringes etwa 120 km Straßenbahn — d. s. ein Fünftel der jetzigen Streckenlänge — in Fortfall. Außerdem muß die Straßenbahn mit häufigen Linienumlegungen rechnen, die erforderlich werden durch die Inangriffnahme der verschiedenen Bauvorhaben. Bei dieser Neugestaltung wird die Ost-West-Achse zwischen der Elbinger Straße (2. Ring) und der Schloßstraße in Charlottenburg von Straßenbahnen nicht gekreuzt. Unterfahrungen der Achse durch die Straßenbahn sind vorgesehen

1. zwischen Josty- und Memhardstraße,
2. in dem schon vorhandenen Lindentunnel und
3. am Knie.

Bei der Nord-Süd-Achse fallen die Kreuzungen durch anderweitige Führung der Straßenbahn zwischen der Seestraße (2. Ring) und der Attilastraße in Mariendorf fort. Unterfahrungen durch die Straßenbahn sind vorgesehen im Zuge der Hornstraße sowie am Südbahnhof.

Über etwaige Erweiterungen des Straßenbahnnetzes in den Außenbezirken können zur Zeit Angaben nicht gemacht werden. Diese Frage ist abhängig von dem Umfang des neuentstehenden Verkehrsbedürfnisses. Hierbei müssen in Betracht gezogen werden die Verschiebungen innerhalb der Berliner Wohnbevölkerung durch die Auflockerung der am dichtesten besiedelten Stadtviertel und durch das Entstehen der neuen Wohnviertel am Rande der Stadt. Ferner sind zu berücksichtigen die Verkehrsbeziehungen zwischen den neuen Wohnvierteln und den Arbeitsstätten, soweit diese Verkehrsbeziehungen nicht bereits durch die neuen Schnellbahnlinien bedient werden.

Der Omnibus führt seinen Betrieb bei einer Gesamtstreckenlänge von 373 km auf 46 Linien.

Aus den gleichen Gründen, die bei der Straßenbahn zu einer Verkürzung der Streckenlänge führen, muß sich die Streckenlänge des Omnibusnetzes vergrößern und damit die Zahl der erforderlichen Omnibusse erhöhen.

Die Untergrundbahn hat eine Gesamtbetriebslänge von 75,9 km. Hiervon entfallen auf die im Kleinprofil ausgeführten älteren U-Bahnlinien 43,4 km und auf die im Großprofil ausgeführten neueren Linien 32,5 km. Für die Verkehrsbedienung stehen zur Verfügung

	Kleinprofil	Großprofil	im ganzen
Triebwagen	373	252	625
Beiwagen	327	154	481

Auch bei diesem Verkehrsmittel wird sich der Wagenbedarf im nächsten Jahrzehnt wesentlich erhöhen.

Durch die geplanten Erweiterungen wird das Netz der städtischen U-Bahnen zunächst um etwa 80 km erweitert werden. Bei der Wahl des Profils für diese neuen U-Bahn-Linien ist man zu dem Entschluß gelangt, die neuen Strecken nur noch im Großprofil zu bauen, dagegen die alten Kleinprofilstrecken so zu belassen.

Bei diesem Ausbau werden die zur Zeit noch vorhandenen Lücken im städtischen U-Bahn-Netz ausgefüllt. So wird im Nordwesten der dichtbevölkerte Stadtteil Moabit und im Nordosten Weißensee U-Bahn-Anschluß erhalten. Ferner werden die bestehenden Linien verlängert; Ausmaß und Zeitpunkt dieser Verlängerungen lassen sich aber heute noch nicht übersehen, weil in erster Linie die Schnellbahnverbindungen zur Ausführung kommen, die mit dem Ausbau der Nord-Süd- und Ost-West-Achse in Verbindung stehen.

Die neuen großen Siedlungen, die nach den Planungen für die Neugestaltung der Reichshauptstadt geschaffen werden, liegen zu einem erheblichen Teil an den beiden großen Achsen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, in beide Achsen Schnellbahnen zu legen und damit die Siedlungen an das Schnellbahnnetz anzuschließen.

Durch Verhandlungen zwischen der Stadt Berlin und der Reichsbahn wurden die beiderseitigen Schnellbahnpläne zu einem sich ergänzenden Schnellbahnnetz zusammengefaßt. Hierbei bleiben beide Verkehrsträger in Betrieb und Verwaltung getrennt, nehmen aber in der Verbindung ihrer beiden Liniennetze durch Schaffung von Umsteigemöglichkeiten weitgehend aufeinander Rücksicht.

Allgemein wird bei jeder verkehrlichen Neuplanung darauf geachtet, daß die Fahrgäste zum größten Teil ihr Reiseziel ohne Umsteigen oder durch nur einmaliges Umsteigen erreichen. Johannes Engel.

Digitized by Google

Normen für Rundfunk-Steckvorrichtungen.

VDE-Ausschuß für Hochfrequenztechnik.

Anwendung der noch nicht endgültigen Entwürfe auf eigene Gefahr.

DK 621.396.67 : 621.316.541 — September 1939

Rundfunkgerät

Gemeinsame Steckvorrichtung für Antenne und Erde

Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 1580

Einspruchsfrist 1. Dezember 1939

Maße in mm

Stecker

2±0,08 — 5 — 12±0,2 — 2±0,08 — 12±0,2 — 15±0,1 — 19±0,5

Antenne — Erde

Steckerbuchsen

A. Endgültige Form — B. Übergangsform

20 Kleinstmaß — Antenne — Erde — 15±0,1

Fehlende Maße sind freie Maße.

Die Steckerbuchsen sind federnd kontaktgebend und rückseitig geschlossen ausgebildet. Die Abmessungen gelten für Geräte und Wandsteckdosen.

Bei Einbau der Steckdosen unter Putz sind Unterputzdosen aus Isolierstoff nach DIN VDE 9070 oder aus Metall nach DIN VDE 9071 zu verwenden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.396.67 : 621.316.541 — September 1939

Rundfunkgerät

Gemeinsame Steckvorrichtung für 2 Antennen und Erde

Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 1581

Einspruchsfrist 1. Dezember 1939

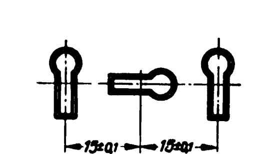
Maße in mm

A. Endgültige Form

20 Kleinstmaß — Antenne 1 — Erde — Antenne 2 — 15±0,1 — 15±0,1

B. Übergangsform

20 Kleinstmaß — Antenne 1 — Erde — Antenne 2



Fehlende Maße sind freie Maße.

Die Steckerbuchsen sind federnd kontaktgebend und rückseitig geschlossen ausgebildet. Die Abmessungen gelten für Geräte und Wandsteckdosen.

Bei Einbau der Steckdosen unter Putz sind Unterputzdosen aus Isolierstoff nach DIN VDE 9070 oder aus Metall nach DIN VDE 9071 zu verwenden.

Stecker siehe DIN VDE 1580.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.396.671 : 621.315.673.2 — September 1939

Rundfunkgerät

Abzweigdose für Antennen

Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 1582

Einspruchsfrist 1. Dezember 1939

Maße in mm

3,5

Befestigungsloch (Einlochbefestigung)

17 — 55±1

Befestigung und Plombierung der Kappe mit Kreuzlochschraube 3 × 7 DIN 404

8

Fehlende Maße sind freie Maße.

Bei Einbau der Abzweigdosen unter Putz sind Unterputzdosen aus Isolierstoff nach DIN VDE 9070 oder aus Metall nach DIN VDE 9071 zu verwenden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Der künstliche Nullpunkt zwischen zwei Hauptleitern eines verketteten Mehrphasennetzes.

Von Gustav Zimmermann VDE, Berlin.

DK 621.316.052.332

Übersicht. Der künstliche Sternpunkt des Drehstromnetzes ist seit langem bekannt. Nach neuerem Schrifttum wird im Drehstromnetz auch der künstliche Nullpunkt zwischen zwei Hauptleitern, unter Anordnung von Wechselstromwiderständen, verwendet, doch nur für Drehfeld-Richtungsanzeiger. Der vorliegende Aufsatz*) leitet die Bedingungen für diesen künstlichen Nullpunkt ab und weist auf die ähnlichen Beziehungen in andern Mehrphasennetzen hin. Ferner wird das Verhalten des künstlichen Nullpunktes im Betrieb erörtert, und Beispiele seiner Anwendung werden erwähnt.

1. Der künstliche Sternpunkt im Drehstromnetz zwischen den drei Hauptleitern.

Im Drehstromnetz wird manchmal ein künstlicher Sternpunkt gebraucht, z. B. für die Dreileistungsmesser-Schaltung. Man verwendet dazu drei in Stern geschaltete ohmsche Widerstände, die bei Bedarf regelbar sind, so daß man Unsymmetrien ausgleichen kann. Wo dieses nicht nötig ist, kann man drei gleiche Kondensatoren einbauen, wodurch die Verluste vermindert werden. Die Blindströme belasten dann zwar die Leitungen ebenfalls, verbessern aber, wenn auch noch so wenig, den Leistungsfaktor. Zur Vermeidung von Ladungen, die nach dem Abschalten zurückbleiben, kann neben jeden Kondensator ein ohmscher Widerstand von mehreren MΩ geschaltet werden.

2. Der künstliche Nullpunkt zwischen zwei Hauptleitern eines Mehrphasennetzes und besonders des Drehstromnetzes.

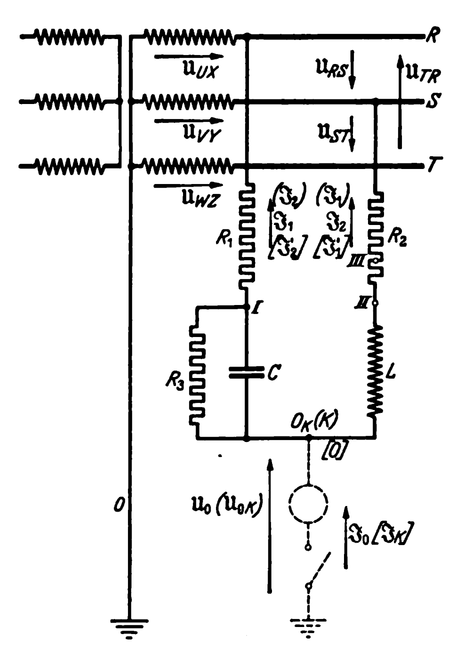
Der künstliche Nullpunkt im Drehstromnetz unter Verwendung von n u r z w e i H a u p t l e i t e r n ist im Schrifttum erst in letzter Zeit bekannt geworden[1]). Für andere Mehrphasennetze wurde dieser Nullpunkt meines Wissens noch nicht erwogen.

Die Bildung des künstlichen Nullpunktes in dem besonders wichtigen Drehstromnetz soll nun nachgerechnet und beurteilt werden. Für die übrigen verketteten Mehrphasennetze gelten ähnliche sich aus sinngemäßen Überlegungen ergebende Verhältnisse.

Die Abb. 1 zeigt einen allgemeinen Fall im Drehstromnetz. Zur Vereinfachung wird R_3 für die folgenden Betrachtungen weggelassen. Der Kondensator ist an der voreilenden Phase angeschlossen. Der starr geerdete Sternpunkt O des Netzes kann durch einen künstlichen Sternpunkt zwischen den drei Hauptleitern ersetzt werden. Gegebenenfalls ist der Nulleiter vorhanden.

Die Reihenfolge der zwei Wechselstromwiderstände in jedem Zweige liefert vier Möglichkeiten der Schaltanordnung. Zwischen dieser und dem Netz wird bei Messungen ein Schalter eingebaut.

Bei den Rechnungen vernachlässigen wir die Widerstände des Stromerzeugers und der Leitungen sowie den Verlustwinkel des Kondensators und die Oberwellen. Der ohmsche Widerstand der Drossel wird zu dem in Reihe geschalteten ohmschen Widerstand R_2 gerechnet. Symmetrischer Netzbetrieb ist vorausgesetzt.



II–III ohmscher Widerstand der Drossel. Die Pfeile geben den als positiv gewählten Richtungssinn an. Die ( ) eingeklammerten Bezeichnungen beziehen sich auf den umgekippten künstlichen Nullpunkt K nach Abschnitt 5. Die [ ] eingeklammerten Bezeichnungen gelten bei der Erdung von K.

Abb. 1. Schaltbild des Netzes und Geräts für den künstlichen Nullpunkt O_K.

Die Nullpunkt-Erdspannung soll sein

$$\mathfrak{U}_0 = 0;\ \text{ferner ist}\ \mathfrak{I} = -\mathfrak{I}_1 = \mathfrak{I}_2. \qquad (1)\,(2)$$

Nach dem zweiten Kirchhoffschen Gesetz hat man, gleichgültig, ob der Nullpunktschalter offen oder geschlossen ist, also ohne Rücksicht auf die Verbindung des künstlichen Nullpunktes mit dem natürlichen

$$\mathfrak{U}_{UX} = \mathfrak{I}_1\,\mathfrak{Z}_1 = \mathfrak{I}_1\left(R_1 + \frac{1}{\mathrm{j}\,\omega\,C}\right) \qquad (3)$$

$$\mathfrak{U}_{VY} = \mathfrak{I}_2\,\mathfrak{Z}_2 = \mathfrak{I}_2\,(R_2 + \mathrm{j}\,\omega\,L)\,. \qquad (4)$$

Im Vektordiagramm (Abb. 2) ist bei symmetrischen Spannungen des Drehstromnetzes

$$\mathfrak{U}_{UX} = \mathfrak{U}_{VY}\left(-\frac{1}{2} + \mathrm{j}\,\frac{\sqrt{3}}{2}\right). \qquad (5)$$

---

*) Der Gedanke zur Bildung eines Nullpunktes zwischen zwei Hauptleitern eines Drehstromnetzes stammt von H. Boekels. Die Anregung zur Abfassung des Aufsatzes wurde durch einen von W. Schrank, Berlin entwickelten Berührungsspannungs- und Fehlphasen-Schutzschalter gegeben, der eine Anwendung dieses künstlichen Nullpunktes bildet.

[1]) R. Rübsaat, Die Gewinnung von drehfeldrichtungsabhängigen Spannungen und ihre Verwendung für die Anzeige der Phasenfolge eines Drehstromnetzes. ETZ 59 (1938) S. 334; W. Brauer, AEG-Drehfeldrichtungs-Anzeiger. AEG-Mitt. (1938) S. 445.

Digitized by Google

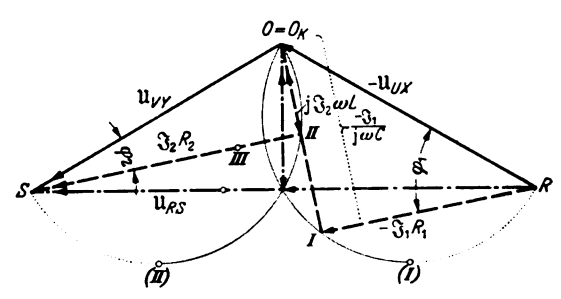
Aus diesen Gleichungen ergeben sich[2])

$$C = \frac{\sqrt{3}}{\omega(2R_2 - R_1)}; \quad L = \frac{2R_1 - R_2}{\omega\sqrt{3}} \qquad (6)\,(7)$$

oder

$$R_1 = \frac{2\,\omega L}{\sqrt{3}} + \frac{1}{\omega C\sqrt{3}}; \quad R_2 = \frac{\omega L}{\sqrt{3}} + \frac{2}{\omega C\sqrt{3}}. \qquad (8)\,(9)$$

Bei festen Spannungen besteht Spannungsunabhängigkeit. Die Anordnung ist aber stets **frequenzabhängig**[3]).



— — — betrachteter allgemeiner Fall
— · — · Fall der Spannungsresonanz
II–III Spannungsabfall am ohmschen Widerstand der Drossel
(*I*), (*II*) äußerste Stellungen der Punkte *I* und *II* auf den geometrischen Ortskreisen

Abb. 2. Vektordiagramm der Spannungen für den künstlichen Nullpunkt 0_K des Drehstromnetzes.

Die ohmschen Widerstände müssen hier **immer vorhanden** sein. Ist einer der beiden gegeben, so kann der andere nur zwischen den Grenzen des halben und doppelten gegebenen Widerstandes gewählt werden. Diese Bedingungen gehen auch aus der Abb. 2 hervor. In dieser ist

$$\mathfrak{U}_{RS} = \mathfrak{U}_{VY} - \mathfrak{U}_{UX}. \qquad (10)$$

Ein allgemeiner Fall ist gestrichelt gezeichnet. Die Winkel zwischen den Strömen und Spannungen (φ_1 und φ_2) bewegen sich zwischen 0 und 60°.

Das Vektordiagramm mit den Halbkreisen des geometrischen Ortes der Punkte *I* und *II* sowie die Zwischenspannungen $\mathfrak{U}_{RII}$, $\mathfrak{U}_{IS}$ und $\mathfrak{U}_{I-II}$ hängen stets auch von der genannten Reihenfolge der Wechselstromwiderstände ab.

Ferner ergibt sich

$$U_{UX} = U_{VY} = U_{WZ} = I_1\sqrt{R_1^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} = I_2\sqrt{R_2^2 + \omega^2 L^2} =$$

$$= I_1 \frac{2}{\sqrt{3}}\sqrt{\omega^2 L^2 + \frac{L}{C} + \frac{1}{\omega^2 C^2}}\,^{4)}. \qquad (11)$$

Die Beträge der Scheinwiderstände jedes der beiden Zweige sind gleich. Große Wechselstromwiderstände sind im Belange kleiner Verluste vorteilhaft. Ihre **Größe** wird sich jedoch dem Schaltungszweck entsprechend auch nach den nötigen oder zulässigen Strömen richten.

[2]) Die Gl. (5) bis (9) lauten in ihrer allgemeinen Form für das **Mehrphasennetz**:

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_2(a + j\,b)$$

$$C = \frac{b}{\omega(R_2 + a\,R_1)}; \quad L = \frac{R_1 + a\,R_2}{\omega\,b}$$

$$R_1 = \frac{\omega L}{b} - \frac{a}{\omega C\,b}; \quad R_2 = \frac{1}{\omega C\,b} - \omega L\frac{a}{b}.$$

Im Sinne des Abschnittes 4 kann b nur positiv sein.

Bei zwei ungleich großen Wechselspannungen, die einen Knotenpunkt und die Beziehung $\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_2\,r(a + j\,b)$ haben, enthalten die entsprechenden Gleichungen den Faktor r.

Im **Einphasennetz** heißt die Bedingung für den künstlichen Nullpunkt Gleichheit der Spannungen an den beiden Zweigen nach Größe und Richtung, d. h. allgemein

$$R_1 = R_2; \quad \omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} = \omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}.$$

[3]) Die Frequenzabhängigkeit ist in ETZ 59 (1938) S. 336 behandelt.

[4]) allgemein: $U_1 = \frac{I_1}{b}\sqrt{\omega^2 L^2 - 2\,a\frac{L}{C} + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$

$$= \frac{I_1}{b}\sqrt{R_1^2 + 2\,a\,R_1 R_2 + R_2^2}.$$

3. Sonderfälle im Drehstromnetz.

Der **Spannungsresonanzfall** (in Abb. 2 punktgestrichelt) ist bestimmt durch

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}. \qquad (12)$$

Dann ist

$$R_1 = R_2 = R = \omega L\sqrt{3} = \frac{\sqrt{3}}{\omega C} \qquad (13)$$

$$C = \frac{\sqrt{3}}{\omega R}; \quad L = \frac{R}{\omega\sqrt{3}}. \qquad (14)\,(15)$$

Sind hier zwei Größen gegeben, so sind die beiden anderen bestimmt. $\mathfrak{J}_1$ und $\mathfrak{J}_2$ liegen in der Linie *RS*. Große ohmsche Widerstände verhindern eine Spannungserhöhung am Kondensator und an der Drossel.

Durch **Wegfall der Drossel** erhält man einen für den Betrieb besonders einfachen Fall. Es ist also dann

$$L = 0 \qquad (16)$$

$$2R_1 = R_2 \qquad (17)$$

$$C = \frac{1}{\omega R_1\sqrt{3}} = \frac{2}{\omega R_2\sqrt{3}}. \qquad (18)$$

Die beiden Ströme liegen nach der Abb. 2 in den Grenzlinien *R*(*I*) und *OS*. Das Verhältnis von R_1, R_2 und $\frac{1}{\omega C}$ bleibt stets gleich.

Fällt der Kondensator weg, ist somit

$$C = \infty, \qquad (19)$$

so wird

$$R_1 = 2R_2 \qquad (20)$$

$$L = \frac{R_1\sqrt{3}}{2\,\omega} = \frac{R_2\sqrt{3}}{\omega}. \qquad (21)$$

Die Ströme liegen in den Grenzlinien *RO* und (*II*)*S*. L wächst mit R_1 und R_2.

Im Sinne der Gleichungen der Fußnote 2 kann C oder L nur bei negativem a wegfallen.

4. Die Phasenabhängigkeit.

Soll der künstliche Nullpunkt im Sinne der Gl. (1) bis (5) bei vertauschten Anschlüssen berechnet werden, d. h. mit dem Kondensator am nacheilenden Strange, so lauten die Gl. (3) und (4)

$$\mathfrak{U}_{UX} = \mathfrak{J}_1\,\mathfrak{Z}_2; \quad \mathfrak{U}_{VY} = \mathfrak{J}_2\,\mathfrak{Z}_1. \qquad (22)\,(23)$$

Hieraus erhält man aber für C oder L einen negativen Wert, d. h., daß der künstliche Nullpunkt bei dieser Phasenfolge nicht zu erreichen ist. Die Anordnung ist also **phasenabhängig**[5]). Dies ist durch die Phasenverschiebung der Ströme in der Nullpunktschaltung erklärt. Der Kondensator muß in jedem Mehrphasennetz stets an der voreilenden Phase angeschlossen sein, die Drossel an der nacheilenden.

Eine Vertauschung der Phasen bei Installationsänderungen oder ein Verkehrtlaufen der Maschine ist daher gegebenenfalls zu berücksichtigen oder zu vermeiden.

5. Der umgekippte und der verschobene künstliche Nullpunkt des Drehstromnetzes.

Durch Vertauschen der beiden Anschlüsse der Nullpunktschaltung gehen die Gl. (3) und (4) bei **offenem Nullpunktschalter** (Abb. 1) über in

$$\mathfrak{U}_{UX} - \mathfrak{J}_1\,\mathfrak{Z}_2 - \mathfrak{U}_{0K} = 0 \qquad (24)$$

$$\mathfrak{U}_{VY} - \mathfrak{J}_2\,\mathfrak{Z}_1 - \mathfrak{U}_{0K} = 0. \qquad (25)$$

[5]) Vgl. R. Schmidt, Ein neuer Drehfeldrichtungsanzeiger. AEG-Mitt. (1923) S. 239 (DRP. 382 647); DRP. 429 873 und 447 552, Verfahren und Einrichtung zur Messung der Phasenumdrehung eines Mehrphasenstromkreises; P. Hochhäusler, Ein Drehfeldrichtungsanzeiger nach dem Prinzip der unsymmetrischen Sternschaltung. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 51 (1936) S. 605.

Digitized by Google

Mit den Gl. (2) und (5) und den für den künstlichen Nullpunkt errechneten Beziehungen der Wechselstromwiderstände, Gl. (6) und (7), erhalten wir

$$U_{0K} = U_{UX} = U_{VY} = U_{WZ} = \text{konst.}^{6)} \qquad (26)$$

Der künstliche Nullpunkt O_K ist nach Abb. 3 um die Sternspannung u m g e k i p p t [7]) und bildet nun den neuen Knotenpunkt K. $\mathfrak{U}_{0K}$ ist gegenüber $\mathfrak{U}_{VY}$ und $\mathfrak{U}_{UX}$ stets um $\pm 60°$ phasenverschoben.

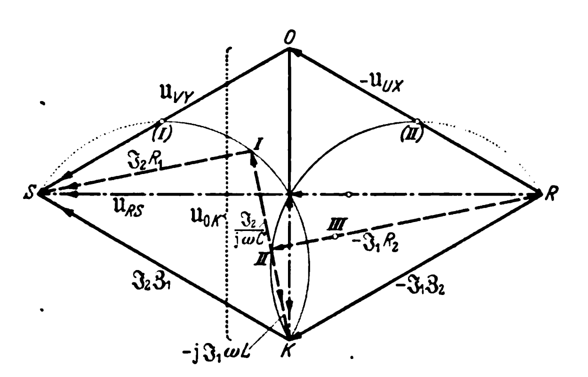


Abb. 3. Vektordiagramm der Spannungen für den durch vertauschte Anschlüsse gekippten künstlichen Nullpunkt K des Drehstromnetzes.

Mit einheitlichen Wechselstromwiderständen ist dagegen bekanntlich

$$U_{0K} = \frac{U_{UX}}{2} . \qquad (27)$$

Bei vertauschten Anschlüssen und g e s c h l o s s e n e m N u l l p u n k t s c h a l t e r kippt K nach O zurück. Der Knotenpunkt-Erdstrom ist nach Abb. 1 und 4

$$\mathfrak{J}_K = \mathfrak{J}_1' + \mathfrak{J}_2' . \qquad (28)$$

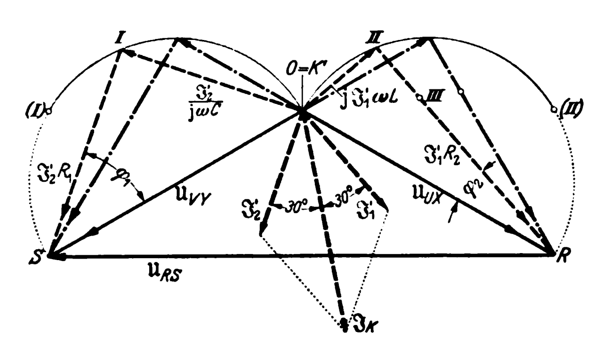


Abb. 4. Vektordiagramm der Spannungen und Ströme für den bei vertauschten Anschlüssen durch Erdung zurückgekippten künstlichen Nullpunkt K' des Drehstromnetzes.

Ferner ist:

$$\mathfrak{U}_{UX} = \mathfrak{J}_1' \mathfrak{Z}_2 \qquad (29)$$

$$\mathfrak{U}_{VY} = \mathfrak{J}_2' \mathfrak{Z}_1 . \qquad (30)$$

Daraus folgt mit den Gl. (5), (6) und (7)

$$I_1' = I_2' = I_1 = I_2 \qquad (31)$$

$$I_K = I_1' \sqrt{3} = I_2' \sqrt{3}\ ^{8)} . \qquad (32)$$

Die Teilströme ändern nach dem Schließen des Schalters ihre Phasenlage. Die Phasenverschiebung von $\mathfrak{J}_K$ gegenüber diesen ist bei Drehstrom stets $\pm 30°$. Auf $\mathfrak{Z}_1$ und $\mathfrak{Z}_2$ steht $\mathfrak{J}_K$ senkrecht. Aus obigen Gleichungen erhält man allgemein

$$\mathfrak{U}_{0K} = \mathfrak{J}_K \frac{\mathfrak{Z}_1 \mathfrak{Z}_2}{\mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{Z}_2} \qquad (33)$$

und für Drehstrom

$$U_{0K} = I_K \frac{2}{3} \sqrt{\omega^2 L^2 + \frac{L}{C} + \frac{1}{\omega^2 C^2}}\ ^{9)} . \qquad (34)$$

$\mathfrak{J}_K$ kann mit $\mathfrak{U}_{0K}$ höchstens $\pm 30°$ einschließen. Die Zwischenspannungen $\mathfrak{U}_{RI}$, $\mathfrak{U}_{IIS}$ und $\mathfrak{U}_{II-I}$ werden durch Schließen des Schalters ebenfalls geändert.

In den Sonderfällen vereinfachen sich diese Gleichungen.

Bei Mitverwendung einer zweiten Anordnung zwischen ST oder TR erhält man zwischen den beiden gekippten Nullpunkten die verkettete Spannung.

Beim Einschalten eines Widerstandes $\mathfrak{R}_K$ (auch durch einen stromverbrauchenden Spannungsmesser) zwischen K und O ändern sich die Beziehungen der Größen des Diagrammes. K v e r s c h i e b t s i c h. Mit Größerwerden von $\mathfrak{R}_K$ wächst U_{0K} und sinkt I_K.

6. Abweichungen des künstlichen Nullpunktes vom Sternpunkt des Mehrphasennetzes.

Abweichungen zwischen Messung und Rechnung ergeben sich durch die Wechselstromwiderstände des Stromerzeugers und der Leitungen, Unreinheit der ohmschen Widerstände, den Verlustwinkel des Kondensators und Rechen- und Meßungenauigkeiten.

An sich ist aber der Sternpunkt des Netzes bekanntlich stets mehr oder weniger verlagert. Die Gründe hierfür sind: Unsymmetrie des Netzes und der Anlagen, Nullpunkterdungen, Isolationsfehler, unsymmetrische Last (auch kurzzeitige beim Schalten oder u. U. beim Leerlaufen von Transformatoren) und besonders Kurzschluß.

Einen kleinen Einfluß auf die Nullpunkt-Erdspannung U_0 haben auch die Oberwellen[10]). Vor die Nullpunktanordnung kann zwar eine Drosselkette geschaltet werden; eine eingliedrige Kette brachte jedoch Abweichungen von den errechneten Widerständen, eine höhere Nullpunktspannung, höhere Zwischenspannungen und größere Verluste, und zwar um so mehr, je kleiner die Grenzfrequenz der Kette war. Die weitere Untersuchung dieser Frage ist wünschenswert.

Große Widerstände der Nullpunktschaltung haben kleine Werte von U_0 und I_0 zur Folge.

Durch den Zweck der Nullpunktschaltung (ohne oder mit vertauschten Anschlüssen) ist die zulässige oder gewünschte Abweichung bestimmt.

B e i s p i e l. Der in der ersten Fußnote erwähnte Berührungsspannungs- und Fehlphasen-Schutzschalter beruht auf Veränderung der Nullpunktspannung im Drehstromnetz mit geerdetem Sternpunkt. Bei seinem ersten Aufbau war R_2 um 13 % kleiner als der berechnete Widerstand. Trotz dieser Abweichung arbeitete der Schalter nach Angabe von W. S c h r a n k zufriedenstellend[11]).

7. Messungen.

Die Nullpunktschaltung wird durch einen Strom- oder Spannungsmesser (Abb. 1) auf die k l e i n s t e A b w e i c h u n g eingestellt. Bei gegebener Kapazität oder auch Induktivität werden hierzu die vorher berechneten Widerstände R_1 und R_2 so lange abwechselnd eingeregelt, bis der Kleinstwert von I_0 oder U_0 erreicht ist. Bei offenem Nullpunktschalter sind dann die Sternspannungen gegen O_K praktisch gleich denen gegen O.

---

6) allgemein: $U_{0K} = U_1 \sqrt{2 + 2a}$.
Hierbei wurde eingesetzt:

$$\mathfrak{J}_1 = -\frac{\mathfrak{U}}{\mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{Z}_2}; \quad \mathfrak{U} = \mathfrak{U}_2 - \mathfrak{U}_1; \quad a^2 + b^2 = 1.$$

Ferner ist im Sinne der Gl. (24) und (25) sowie der Abb. 3

$$\mathfrak{U}_{0K} = \mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2 .$$

7) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 336.

8) allgemein: $I_K = I_1' \, 2 \sqrt{1 - a^2}$.

9) allgemein: $U_{0K} = \frac{I_K}{b\sqrt{2 - 2a}} \sqrt{\omega^2 L^2 - 2a \frac{L}{C} + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$.

10) Vgl. Fußnote 3.

11) Über die Anwendungsmöglichkeiten und praktische Eignung des Schalters wird W. S c h r a n k noch berichten.

Digitized by Google

Auf diese Weise kann im Sinne der Gl. (18) und (21) auch eine unbekannte Kapazität oder Induktivität durch zwei ohmsche Regelwiderstände allein meßtechnisch ermittelt werden.

Die gemessenen Zwischenspannungen $\mathfrak{U}_{R\,III}$, $\mathfrak{U}_{I\,S}$ und $\mathfrak{U}_{I-III}$ ermöglichen die Prüfung der Vektordiagramme.

Nach Vertauschen der Anschlüsse muß $U_{0K} = U_{UX} = U_{VY} = U_{WZ}$ sein.

Beispiel. Mit $C = 1\,\mu F, L = 1\,H$ werden berechnet: $R_1 = 2199\,\Omega$, $R_2 = 3852\,\Omega$. In einem städtischen 3 × 220 V-Netz wurden dagegen mit Meßgeräten der Klasse 1,0 gemessen: $U_{RS} = 226\,V$, $R_1 = 2200\,\Omega$, $R_2 = 3843\,\Omega$. Ferner gegen Erde: $U_0 = 1{,}6\,V$, $I_0 = 1{,}7\,mA$; gegen O_K zwischen den drei Hauptleitern: $U_0 = 0{,}5\,V$, $I_0 = 0{,}6\,mA$. Nach Vertauschung der beiden Anschlüsse ergab sich berechnet und gemessen $I_K = 60\,mA$.

Zusammenfassung.

Für die Schaffung eines künstlichen Nullpunkts zwischen zwei Hauptleitern eines Drehstromnetzes sind Kapazität oder Induktivität oder beide in Verbindung mit ohmschen Widerständen nötig. Diese Wechselstromwiderstände stehen in bestimmten Beziehungen zueinander. In jedem (verketteten) Mehrphasennetz richten sich diese Beziehungen nach der Anzahl der Phasen. Die Anordnung ist phasenabhängig: der eingestellte künstliche Nullpunkt nimmt beim Vertauschen der Anschlüsse gegen den Sternpunkt des Drehstromnetzes Sternspannung an. Diese Knotenspannung ändert sich selbstverständlich, wenn zwischen dem künstlichen und natürlichen Nullpunkt ein Widerstand geschaltet wird. Im Betriebe kann sich eine Abweichung des künstlichen Nullpunktes vom Sternpunkt des Netzes ergeben. Der Zweck der Nullpunktschaltung bestimmt die zulässige oder gewünschte Abweichung.

Die Ausnutzung der Eigenschaften des künstlichen Nullpunkts oder des durch Phasentausch gekippten oder verschobenen Nullpunktes bei Schaltungen oder Geräten ist in geerdeten oder nicht geerdeten Mehrphasennetzen mit zulässiger oder gewünschter Abweichung vom Sternpunkt denkbar. Gebiete der Anwendung können z. B. die Meß- und Schalttechnik und der Berührungsschutz sein.

Beitrag zur Theorie und Technik der drahtlosen Einseitenbandtelephonie.

DK 621.396.5

Auf der CCIR-Tagung in Bukarest 1937 wurde beschlossen, das Einseitenband-Sendeverfahren auf den Rundfunk nicht anzuwenden, weil die Verzerrungen in den vorhandenen Empfängern zu groß werden. Jedoch bietet das Einseitenbandverfahren mit ganz oder teilweise unterdrücktem Träger für andere Funkdienste, z. B. für das Funkfernsprechen und das Fernsehen, gegenüber dem Zweiseitenbandverfahren große Vorteile. Der Hauptvorteil besteht darin, daß ein Einseitenbandsender eine bedeutend höhere Telephonie-Effektivleistung besitzt als ein Zweiseitenbandsender gleicher Oberstrichleistung in normaler Telephonieschaltung. Das Verhältnis der ausgestrahlten Sprachenergien beträgt etwa 3,5 : 1. Einseitenbandtelephonie benötigt ferner nur die halbe Kanalbreite wie Zweiseitenbandtelephonie, so daß die Durchlaßbreite des Empfängers auf die Hälfte verringert werden kann. Dadurch wird der Einfluß des Störpegels am Empfangsort auf den Wert $1/\sqrt{2}$ herabgesetzt. Bei Einseitenbandtelephonie mit unterdrücktem Träger läßt sich durch Überlagerung einer entsprechenden Trägeramplitude am Empfangsort der Einfluß des Störpegels zusätzlich erheblich senken. Eine trägerlose Einseitenbandübertragung ist energiemäßig am günstigsten, erfordert jedoch eine Abänderung der normalen Empfänger. Es wurde daher die energetische Frage untersucht, wie stark ein Einseitenbandsprechsender mit ausgestrahltem Träger maximal ausgesteuert werden kann, damit am Empfangsort eine befriedigende Wiedergabe der übertragenen Sprache gewährleistet ist. Ferner wurde experimentell untersucht, ob die Störungen durch frequenzbenachbarte Telephoniesender bei Einseitenbandempfang wesentlich geringer sind als bei Zweiseitenbandempfang.

In einem theoretischen Teil werden zunächst die nichtlinearen Verzerrungen berechnet, die bei linearer oder quadratischer Gleichrichtung einer mit einem einfachen oder einem Doppelton gemodelten Einseitenbandsendung am Empfangsort erzeugt werden. Der in einem linearen Empfangsgleichrichter erzeugte Klirrfaktor erreicht bei einer Senderaussteuerung von 100 % seinen theoretischen Höchstwert von 22,16 % und sinkt bei höheren Aussteuerungen wieder ab. Daher gewährleistet nur ein Doppeltonmeßverfahren durch Erfassen der hierbei auftretenden Kombinationstöne ein klares Bild über die nichtlinearen Verzerrungen bei Einseitenbandempfang. Außer dem erwünschten Doppelton treten am Ausgang des linearen Gegentaktgleichrichters noch sehr viele Kombinationstöne und Oberwellen auf, wobei der Differenzton erster Ordnung vorherrschend ist. Aus dem Verlauf der theoretischen Amplitudenkurven läßt sich der für die Praxis sehr wichtige Schluß ziehen, daß bei Verwendung eines linearen Empfangsgleichrichters es zwecklos ist, einen Einseitenbandsender mit Trägerausstrahlung höher als bis zu etwa 200 % auszusteuern. Bei einem amplitudenunsymmetrischen Doppelton tritt im linearen Empfangsgleichrichter der gleiche Depressionseffekt auf wie bei gleichzeitigem Empfang von zwei verschieden stark einfallenden Sendern. Ferner wird bewiesen, daß der Verzerrungsfaktor zwar ein eindeutiger Maßstab für das Ansteigen der nichtlinearen Verzerrungen mit der Senderaussteuerung bei Ein- und Zweiseitenbandempfang ist, daß jedoch nur aus dem Vergleich der am Ausgang des linearen und des quadratischen Empfangsgleichrichters vorhandenen Niederfrequenzspektren geschlossen werden kann, daß bei großen Aussteuerungen der quadratische Empfangsgleichrichter eine bessere Sprachwiedergabe gewährleisten wird als der lineare.

Im folgenden experimentellen Teil zeigen die bei linearer Gleichrichtung gemessenen Klirrfaktorwerte eine gute Übereinstimmung mit der theoretischen Kurve. Die mit einem Niederfrequenzanalysiergerät und einem Verzerrungsmeßplatz erhaltenen Differenztonfaktoren erster und zweiter Ordnung stehen ebenfalls in Einklang mit der Theorie. Silbenverständlichkeitsversuche bestätigen, daß bei Aussteuerungen über 100 % der quadratische Empfangsgleichrichter eine bessere Sprachwiedergabe ermöglicht als der lineare. Bei 70 % Silbenverständlichkeit als zulässige Grenze läßt sich ein Einseitenbandsender mit Trägerausstrahlung bis zu etwa 180 % aussteuern unter Verwendung eines quadratischen Empfangsgleichrichters. Untersuchungen über den Störeinfluß eines frequenzbenachbarten Zweiseitenbandsenders ergaben, daß bei Aussteuerungen des Einseitenband-Nutzsenders unter 100 % der Störeinfluß des unerwünschten Senders hauptsächlich durch den Differenzton zwischen den beiden Trägerfrequenzen hervorgerufen wird. Erst bei höheren Aussteuerungen des Nutzsenders läßt sich ein Unterschied feststellen, ob der Störsender auf der Seitenbandseite des Nutzsenders liegt oder auf der Gegenseite, da dann die Interferenz des Störsenders mit dem Seitenband des Nutzsenders zunimmt. *Mnl.*

[1] E. Haberkant u. E. Meinel, Telegr.-, Fernspr.- u. Funk-Techn. 28 (1939) S. 140; 11 S., 15 Abb.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

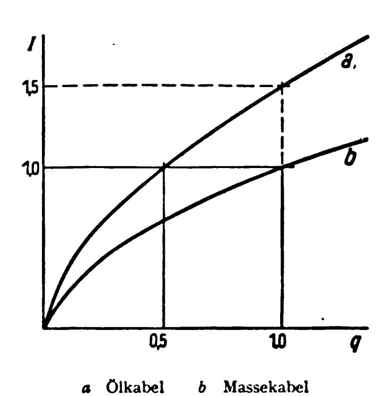
Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.211.3

Ölkabel. [Nach Ch. Held u. O. Gasser, Siemens-Z. 19 (1939) S. 197; 13 ½ S., 32 Abb.]

Alle Massekabel weisen den grundsätzlichen Nachteil auf, daß bei ihnen der Wärmeausdehnung der Tränkmasse keine Rechnung getragen ist. Die Höchstädter-Bauart macht wohl die Hohlraumbildung zwischen den Adern und unter dem Bleimantel unschädlich, vermeidet jedoch nicht die durch Lastschwankungen bedingten Ionisierungserscheinungen in der Isolierung selbst. Die Schwierigkeiten, betriebssichere Kabel für höchste Spannungen zu bauen, schwanden erst nach Einführung des dünnflüssigen Öls als Imprägniermittel, dem durch einen geeigneten Kabelaufbau (Längskanäle in den Hohlleitern oder in den Aderzwickeln) Gelegenheit gegeben wird, sich entsprechend dem Belastungszustand des Kabels beliebig auszudehnen oder zusammenzuziehen.

Die Dünnflüssigkeit des Tränkmittels verleiht den ölgefüllten Kabeln mechanische und elektrische Eigenschaften, die sie grundsätzlich von den Massekabeln unterscheiden: Durch Höhenunterschiede im Gelände treten statische und infolge thermischer Belastung dynamische Innendrücke in den Ölkabeln auf, die jedoch im Gegensatz zu den Massekabeln der Vorausberechnung und unmittelbaren Messung zugänglich sind. Da die Ölkabel in allen Betriebszuständen völlig frei von ionisierbaren Hohlräumen sind, weisen sie in jeder Hinsicht ausgezeichnete elektrische Eigenschaften auf. Die nur wenig temperaturabhängige Kurve der dielektrischen Verluste liegt sehr niedrig und besitzt keinen sogenannten „Ionisierungsknick". Die Dauerdurchschlagfestigkeit ist rd. 3mal so hoch wie bei Massekabeln, so daß ohne Beeinträchtigung der Betriebssicherheit die Isolierungsstärke von Ölkabeln ohne weiteres nur halb so stark bemessen zu werden braucht wie bei Massekabeln gleicher Nennspannung. Ähnlich verhält es sich bezüglich der Strombelastbarkeit von Ölkabeln. Da bei ihnen Hohlraumbildung und Massewanderung bzw. -verlagerung unbedingt vermieden sind, können sie mit der doppelten Übertemperatur (rd. 50° C) betrieben werden. Man ist deshalb bei Ölkabeln in der Lage, bei gegebener Strombelastung mit einem gegenüber Massekabeln halb so großen Leiterquerschnitt auszukommen (Abb. 1). Versuche und praktische Erfahrung beweisen, daß auch unter den extremsten Betriebsbedingungen eine unbedingte Stabilität der Ölkabeleigenschaften gewährleistet ist. Daß das hervorragende Verhalten der Ölkabel keineswegs vom Druck abhängt, unter dem die Anlage steht, ist eine wenig bekannte Tatsache. Ölkabel arbeiten im Gegensatz zu anderen Höchstspannungskabelbauarten nur mit Überdrücken von ½ bis maximal 1 ½ at. (Die bisweilen angewandte Bezeichnung Öldruckkabel ist völlig unzutreffend und irreführend).



a Ölkabel *b* Massekabel

Abb. 1. Belastbarkeit in Abhängigkeit vom Leitungsquerschnitt.

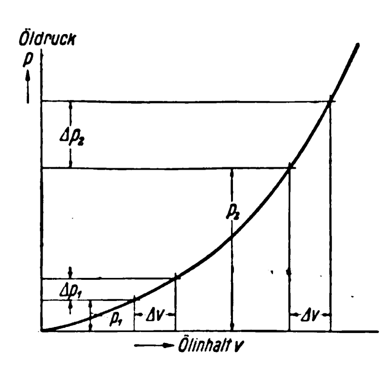


Abb. 2. Kennlinie eines Ausgleichgefäßes.

Der Lage der Ölkanäle entsprechend unterscheidet man Hohlleiter- und Zwickelölkabel; letztere kommen hauptsächlich für die Übertragung von mittleren Leistungen bei kleinen und mittleren Betriebsspannungen in Betracht. Für 100 kV und darüber ist das Einleiterkabel mit hohlem Leiter vorherrschend, (wenngleich auch für diesen Spannungsbereich grundsätzlich noch das Dreimantel-Hohlleiterkabel herstellungstechnisch möglich wäre). Mitbestimmend für die Wahl der Kabelbauart und des Kabelaufbaus sind natürlich die gegebenen Geländeverhältnisse; durch Einbau von Sperrmuffen ist jedoch die Unterteilung des Druckgefälles auf einfache Weise möglich.

Die Ölkabelgarnituren werden an Hand von zahlreichen Abbildungen ausführlich beschrieben, insbesondere die für Ölkabelanlagen charakteristischen Ausgleichsgefäße, deren Wirkungsweise (Atmungsvermögen) vom Ort ihrer Aufstellung stark abhängig ist (Abb. 2).

Verlegung und Montage von Ölkabeln sind wesentlich einfacher als im allgemeinen angenommen wird. Besondere Vorteile bietet dabei das Abfrieren der Kabel mittels flüssiger Luft, ein Verfahren, das auch bei der Auffindung und Behebung von etwaigen Fehlern wertvolle Dienste leistet. *ld.*

DK 621.316.93 : 621.314.21.015.33

Der Wanderwellenschutz von Leistungstransformatoren. [Nach J. L. Miller und J. M. Thomson, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 187; 30 S., 41 Abb.; Diskussion: 20 S., 16 Abb.]

Die Verfasser gehen zunächst einleitend auf die Wirkung der heute gebräuchlichen Blitzschutzmaßnahmen für Hochspannungsanlagen ein, die in der Anordnung von Erdseilen nicht nur über der Leitung, sondern u. U. auch über der Station, dem Einbau von selbstlöschenden Funkenstrecken in die Freileitung sowie von Überspannungsableitern in die Station und endlich in einer zweckmäßigen Abstufung der Isolation von Station und Freileitung bestehen. Die Einschirmung der Leitung und der Station durch Erdseile ist bekanntlich nur bei gleichzeitig vorhandenen niedrigen Masterdungswiderständen in der Lage, unmittelbare Einschläge in die Phasenseile zu verhüten. Sie ist außerdem nur bei großen Verteilungsnetzen wirtschaftlich tragbar. Auch die Schutzwirkung selbstlöschender Funkenstrecken ist an die Bedingung niedriger Ohmwerte der Masterden gebunden, wodurch ihr Einbau ebenfalls teuer wird. Im übrigen wird ihnen von den Verfassern vorgeworfen, daß sie verhältnismäßig weit eingestellt werden müßten und daher die Überspannungen auf der Leitung nicht genügend begrenzten. Eine bloße Abstufung der Stations- und Freileitungsisolation durch Anordnung von einfachen Schutzfunkenstrecken (coordinating gap) vor der Station leidet an demselben Nachteil, da sie gerade die gefährlichen steilen Blitzwellen infolge naher Einschläge wegen des bekannten Verlaufs der Stoßkennlinien von Stabfunkenstrecken nur wenig absenken. Beide Arten von Funkenstrecken vermögen außerdem nicht die Steilheit der einziehenden Blitzwellen herabzusetzen, sondern sind infolge des beim Überschlag an ihnen eintretenden steilen Zusammenbruchs der Spannung selbst noch die Urheber für besonders steile Entladewellen, die der inneren Wicklungsisolation der Transformatoren gefährlich werden können. Überraschenderweise wird von den Verfassern auch den Überspannungsableitern, bei denen bekanntlich kein steiler Zusammenbruch der Spannung auf Null erfolgt, ein unzureichender Schutz nachgesagt, weil ihre Wirkung einerseits an eine gute Ableitererdung und anderseits an das Vorhandensein von Erdseilen zur Vermeidung unmittelbarer Einschläge gebunden sei. Beides trifft nicht zu, denn erstens kann man ja den Ableiter unmittelbar zwischen Hochspannungspol und Kessel des zu schützenden Apparates anschließen, wodurch der Erdungswiderstand für die Schutzwirkung des Ableiters völlig bedeutungslos wird, und zweitens ist es bekannt, daß neuzeitliche Ableiter durchaus in der Lage sind, auch die bei einem nahen Blitzschlag auftretenden großen Stromstärken unter ausreichender Absenkung der Überspannung ohne Schaden abzuleiten[1]).

Da die Erfahrung in Übereinstimmung mit der Theorie zeigt, daß bei Transformatoren üblicher Bauart mit einer aus

[1]) Vgl. z. B. R. Foitzik, ETZ 59 (1938) S. 201.

Digitized by Google

Scheibenspulen aufgebauten Röhrenwicklung Überspannungsschäden in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle als Durchschläge zwischen benachbarten Spulen auftreten, kommen die Verfasser auf Grund ihrer Überlegungen zu dem Schluß, daß ein wirksamer Schutz der Transformatoren auch gegen nahe Blitzschläge nur durch bedeutende Erniedrigung des in der Wicklung auftretenden axialen Spannungsgradienten möglich ist. Dies kann entweder durch den Bau sog. „schwingungsfreier" Transformatoren mit von Anfang an gleichmäßiger Spannungsaufteilung längs der Wicklung oder durch künstliche Verflachung der einziehenden Überspannungswellen mit Hilfe einer Kombinationsschaltung von Kondensator und Drossel in Verbindung mit einem Dämpfungswiderstand erreicht werden. Der reine Kondensatorschutz kommt deshalb nicht in Frage, weil ein zum Transformator parallelgeschalteter Kondensator wohl die Stirn der einziehenden Wanderwelle genügend verflacht, aber nicht imstande ist, bei einem folgenden Überschlag an der Transformatordurchführung das Einziehen einer sehr steilen Entladewelle in die Wicklung zu verhindern. Das Vorschalten einer einfachen Drosselspule führt anderseits, wie längst bekannt[1]), zu einem Überschwingen der Spannung am dahinterliegenden Transformator mit meist folgendem steilen Überschlag der Transformatorklemme. An Stelle der bekannten Schaltung[1]) nach Abb. 3a mit einem Querdämpfungswiderstand R parallel zur Drossel L und einem zusätzlichen Kondensator C_1 parallel zur Eingangskapazität C_e des Transformators wird nun als besonders vorteilhaft in konstruktiver und wirtschaftlicher Hinsicht die Schaltung des Ferranti-Wellenschluckers (surge absorber) nach Abb. 3b empfohlen. Die Operatorengleichung für den Spannungsverlauf u_2 an der Transformatorklemme beim Einziehen einer unendlich langen Rechteckwelle der Höhe u_1 lautet in diesem Fall:

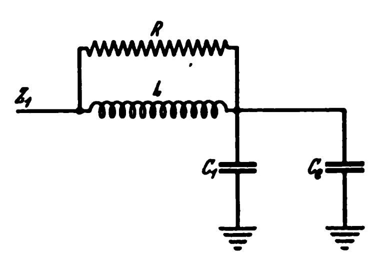


Abb. 3a. Einfache Transformator-Schutzschaltung.

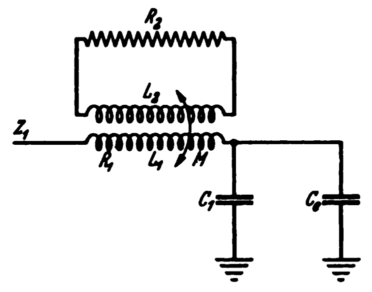


Abb. 3b. Schaltung des Wellenschluckers.

$$u_2 = \frac{2\,u_1\,(R_2 + p\,L_2)}{p^3\,C\,[L_1\,L_2 - M^2] + p^2\,[L_1\,C_1\,R_2 + L_2\,C_1\,(R_1 + Z_1)] + p\,[L_2 + C_1\,R_2\,(R_1 + Z_1)] + R_2}. \quad (1)$$

Da die entstehende kubische Gleichung für p nicht allgemein lösbar ist, wird an Stelle der exakten Lösung (1) der weiteren Rechnung die in praktischen Fällen hinreichend genaue Näherungsgleichung

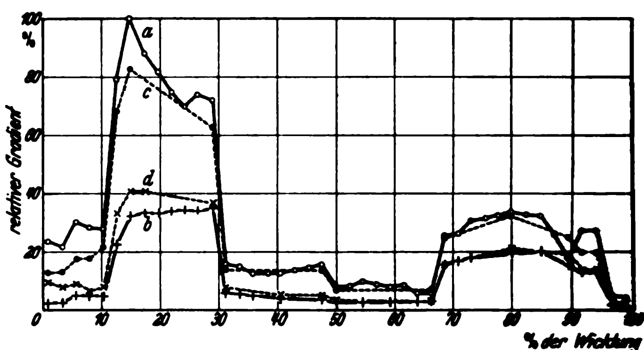
$$u_2 = \frac{2\,u_1}{p^2\,L_e\,C_1 + p\,C_1\,(R_e + Z_1) + 1} \quad (2)$$

zugrunde gelegt, die für den einfachen Schwingungskreis mit

$$L_e = \left(\frac{L_1\,L_2 - M^2}{L_2}\right) = L_1\,(1 - K^2) \text{ und } R_e = \left(R_1 + \frac{M^2}{L_2^2}\,R_2\right)$$

gilt. Mit Hilfe dieser Gleichung wird die Abhängigkeit der Schutzwirkung des Wellenschluckers sowohl vom Verhältnis L_1/C_1 wie vom Kopplungsfaktor K und von den Widerständen Z_1 und R_2 berechnet. Es zeigt sich, daß die abflachende Wirkung des Wellenschluckers außer vom Kopplungsfaktor K im wesentlichen nur noch von dem Produkt $L_1\,C_1$ abhängt, während der Wellenwiderstand Z_1, das Verhältnis L_1/C_1 und bei nicht zu enger Kopplung auch der Dämpfungswiderstand R_2 ohne wesentlichen Einfluß auf die Abflachung der Wellenstirn sind. Infolgedessen ist die Schutzwirkung des Wellenschluckers auch in weiten Grenzen unabhängig von den elektrischen Größen des zu schützenden Transformators. Für die beiden Kopplungsfaktoren $K = 0{,}94$ und $K = 0{,}85$ zeigt die Rechnung, daß schon für Rechteckwelle nur noch ein Überschwingen der Spannung am Transformator auf das 1,1fache stattfindet, so daß durch Anbringen einer geeignet eingestellten Schutzfunkenstrecke vor dem Wellenschlucker mit Sicherheit alle Überschläge hierher verlegt werden könnten. Auf Grund von experimentellen Untersuchungen wird eine Abflachung der in die Transformatorwicklung einziehenden Wellenstirn auf 3 bis 5 µs in allen Fällen für ausreichend gehalten. Leider werden zahlenmäßige Angaben über die Größe der Induktivität L_1, der Kapazität C_1 und des Widerstandes R_2 nicht gemacht. Auf Grund der gezeigten Kathodenstrahloszillogramme muß aber angenommen werden, daß die Streuinduktivität L_e zwischen Primär- und Sekundärwicklung des Wellenschluckers in der Größenordnung von mehreren Millihenry liegt.

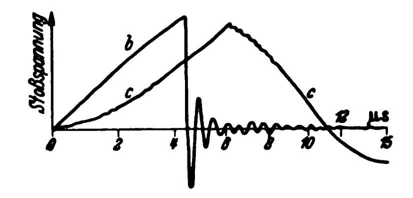
[1]) Vgl. O. Böhm, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 36 (1918) S. 377 u. 392.

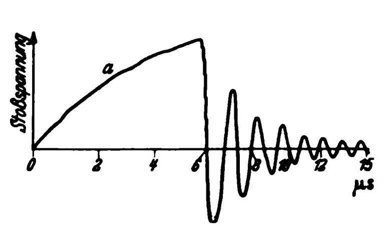


a für ungeschützten Trafo
b bei Schutz durch einen Wellenschlucker
c bei Schutz durch einen Kondensator von 1170 pF
d bei Schutz durch einen Kondensator von 6000 pF, Stoßverhältnis zu 1,3 angenommen

Abb. 4. Relativer Gradient zwischen den Spulen der Wicklung des Transformators Nr. 1 bei 0,2|40 µs-Wanderwelle.

Die experimentellen Ergebnisse, die mit Wellen von 0,2|40 µs, 1,5|40 µs und 0,5|5 µs durch Messung des Spannungsverlaufs mit dem Kathodenstrahloszillographen an den Wicklungen in Luft gewonnen wurden, bestätigen in jeder Weise die theoretischen Überlegungen. Um einen einwandfreien Vergleich für die Schutzwirkung des Wellenschluckers bei den verschiedenen untersuchten Transformatorentypen zu ermöglichen, werden dabei, unter Zugrundelegung eines bestimmten Stoßverhältnisses für die Stoßüberschlagspannung der Transformatordurchführung, die entstehenden Spannungsgradienten in kV/cm der Beanspruchung des Isolationsmaterials für ungeschützten und geschützten Transformator aufgetragen. Als Einheit ist dabei der größte Gradient an einem 37 500 kVA-Trafo gewählt. Abb. 4 zeigt in den Kurven *a* und *b* für 0,2|40 µs-Vollwelle einen derartigen Vergleich der Spannungen zwischen den Spulen dieses 37 500 kVA-Transformators für 88 kV Betriebsspannung. Im Gebiet der normal isolierten Spulen wird hiernach die Beanspruchung auf etwa 35% derjenigen des ungeschützten Transformators abgesenkt. Die Kurven *c* und *d* zeigen zum Vergleich die Wirkung eines reinen Kondensators. Ganz ähnliche Kurven ergeben sich für 1,5|40- sowie 0,5|5 µs-Welle und auch für eine durch einen Überschlag abgeschnittene Welle, wie Kurve *c* in Abb. 5 erkennen läßt, während der reine Kondensator (Kurve *d*) in diesem Falle den steilen Zusammenbruch der Spannung in keiner Weise verflacht. Die Schutzwirkung des Wellenschluckers





a bei Schutz durch einen Kondensator von 1170 pF
b bei ungeschütztem Trafo
c bei Schutz durch einen Wellenschlucker

Abb. 5. Stoßspannungsverlauf am Eingang der Wicklung des Transformators Nr. 1 bei einem Überschlag in der Stirn einer 5|40 µs-Wanderwelle; Z_1 = 350 Ω.

Digitized by Google

ist demnach weitgehend unabhängig von der Form der einziehenden Stoßwelle. Dies gilt auch uneingeschränkt für Blitzschläge, die in nächster Nähe des Transformators entweder unmittelbar oder infolge schlechter Masterdung als rückwärtige Einschläge die Phasenseile treffen, wobei im Anschluß an den steilen Anstieg der Blitzspannung meist ein noch steilerer Spannungszusammenbruch folgt, der die innere Isolation des Transformators ganz erheblich gefährdet. Mit Hilfe von geeigneten Ersatzschaltungen werden diese Fälle im Laboratorium mit niedriger Stoßspannung nachgeahmt und die so ermittelten Überspannungen unter Zugrundelegung eines Stoßverhältnisses von bis zu 5,0 auf die Wirklichkeit umgerechnet. Auch hierbei zeigt sich die Überlegenheit des Wellenschluckers gegenüber dem einfachen Kondensatorschutz. Es ist aber zu bedenken, daß dabei die Wicklung des Schutzgerätes die gesamte hohe Blitzspannung, von der der Transformator entlastet ist, jetzt voll selbst zu übernehmen hat. Das setzt eine sehr gute innere Isolation der Drossel voraus. Leider fehlen in der interessanten Arbeit jegliche Angaben über die elektrischen Größen, die konstruktive Ausführung und die Gewichte des Wellenschluckers. Daher ist auch kein Urteil darüber möglich, ob der Einbau dieses Schutzgerätes — insbesondere mit Rücksicht auf die für nahe Blitzschläge erforderliche hohe Isolation der Drosselspule — wirtschaftlicher ist als z. B. eine entsprechende Verstärkung und zweckmäßigere Staffelung der inneren Isolation der Transformatorwicklung. *Els.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.322-712

Gesichtspunkte für den Entwurf wasserstoffgekühlter Turbogeneratoren. [Nach D. S. Snell, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 78; 3 S., 6 Abb.]

Im Laufe der letzten drei Jahre wurde die Wasserstoffkühlung bei 23 Generatoren angewendet, deren Leistungen zwischen 13 700 und 60 000 kW bei 3600 U/min und zwischen 65 000 bis 150 000 kW bei 1800 U/min lagen, während die Wasserstoffkühlung für Phasenschieber und Frequenzwandler bereits seit 1928 erfolgreich eingesetzt wird. Als Hauptvorteile der Wasserstoffkühlung ergeben sich fast im Verhältnis 1 : 10 verringerte Reibungsverluste, erhöhte Ausnutzung der aktiven Baustoffe der Maschine und Vermeidung von Koronaerscheinungen. Für wasserstoffgekühlte Generatoren werden gasdichte, gegen inneren Überdruck genügend feste Gehäuse druckfester Bauart vorgesehen; austretende Wellenenden müssen abgedichtet werden. Da der Wasserstoff in Mischung mit Luft leicht explosibel ist, wird das Eindringen von Luft in das Gehäuseinnere zweckmäßig durch einen geringen Gasüberdruck verhindert. Zur Sicherung gegen Entflammung und wegen der Herabsetzung der Reibungsverluste muß auf ein Gas hoher Reinheit geachtet werden; wegen der Explosionsgefahr ist Gas-Luft-Gemischbildung im Generator und Kühlsystem unbedingt zu vermeiden. Meist erfolgt der Einbau der wasserstoffgekühlten Maschine und der Kühleinrichtung in ein zylindrisches druckfestes Gehäuse, wobei die Wellenabdichtung durch einen Ölfilm erfolgt. Meß- und Überwachungseinrichtungen überprüfen den Gasdruck im Gehäuseinnern und die Reinheit des Gases. Die infolge der unvermeidlichen Leckverluste notwendige Nachfüllung des Gases aus Vorratsflaschen kann selbsttätig erfolgen. Der Reinheitsanzeiger des Wasserstoffes beruht auf der Änderung des Wärmeleitvermögens des Gases, wobei dessen Widerstandsänderung in Abhängigkeit von der Temperatur mit einer Vergleichsgasmenge mittels einer Wheatstoneschen Brückenschaltung ermittelt wird. Bei Unterschreitung der einzuhaltenden Werte erfolgt optische und akustische Warnzeichengabe. Entwurfsangaben der Kühleinrichtung und Ausführungsbeispiele wasserstoffgekühlter Generatoren für 3600 U/min sowie einer 65 000 kW-Maschine für 1800 U/min mit Überwachungsanlage vervollständigen den Bericht. *Tsch.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.385.1.012 : 621.317.755

Die Aufnahme von Senderöhrenkennlinien mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen. [Nach T. Douma und P. Zijlstra, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 51; 4¹/₄ S., 7 Abb.]

Die Verfahren zur Aufnahme der Kennlinien von Empfängerröhren mit einem Kathodenstrahlrohr sind bekannt. Hierbei wird an jedes Ablenkplattenpaar des Oszillographenrohres eine Spannung gelegt, die einer der beiden Größen proportional

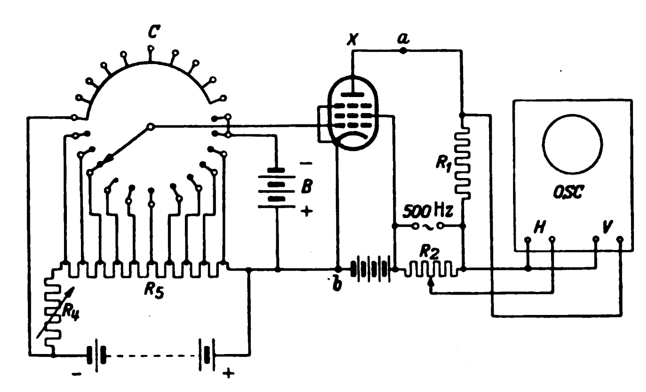
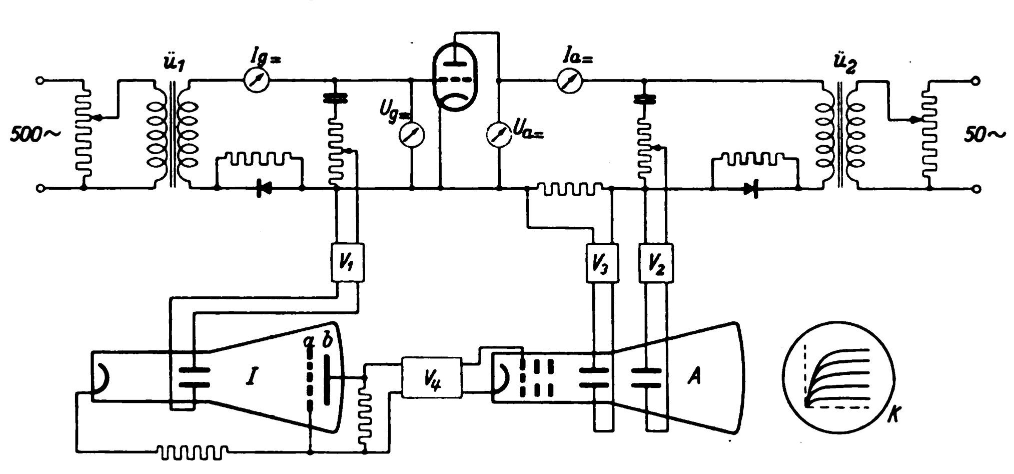


Abb. 6. Ältere Apparatur zur Aufnahme der Kennlinien. *X* zu untersuchende Röhre. In dieser Apparatur werden mit dem Schalter *C* verschiedene Steuergitterspannungen eingestellt.

ist, deren Abhängigkeit von einander untersucht werden soll. Man ist bei diesem Verfahren nicht daran gebunden, nur eine einzige Kennlinie aufzunehmen, sondern es besteht die Möglichkeit, zum Beispiel die gesamte Kennlinienschar zu ermitteln, sobald man die Steuergitterspannung während der Untersuchung der Kennlinie sprunghaft verschiedene Werte durchlaufen lassen kann.



$V_1 \cdots V_4$ Verstärker *I* Impulsröhre *A* Anzeigeröhre (durch *I* gesteuert) *X* die zu untersuchende Röhre

Abb. 7. Schematische Anordnung der neuen Meßapparatur zur Aufnahme der Kennlinienfelder. *K* stellt eine auf dem Schirm z. B. sichtbare Kennlinienschar dar.

Aus der Abb. 6 ist eine Anordnung zu erkennen, mit der nach den soeben gemachten Angaben ein Rohr untersucht werden kann. Diese Schaltung ist aber nur bei negativen Gitterspannungen möglich, da bei positiven Steuergitterspannungen am Kommutator *C* Abreißfunken an den Unterbrecherkontakten entstehen. Als Folge davon würden die Spannungen in dem gewünschten Augenblick nicht unterbrochen werden, und ferner bliebe die Spannung an den Kontakten nicht konstant, weil Gitterströme auftreten und der Gitterkreis Widerstand besitzt.

Um diese Schwierigkeit zu vermeiden, wird dem Gitter eine sinusförmige Spannung aufgedrückt, und mit Hilfe einer besonderen Schaltung wird es dann erreicht, daß der Schirm

Digitized by Google

der Kathodenstrahlröhre nur in den Augenblicken aufleuchtet, wo die Gitterspannung gerade die bestimmten Werte hat, welche als Parameter der $I_a U_a$-Kennlinie gewählt sind. Bei dieser Schaltung wurde darauf geachtet, eine solche zu finden, die möglichst trägheitslos arbeitet, damit jeglicher Einfluß durch Gitterströme auf den zeitlichen Verlauf der Gitterwechselspannungen ausgeschlossen ist. Da dies nur mit einem Kathodenstrahlrohr möglich ist, wurde außer der Meßröhre noch eine zweite verwandt, die Impulsröhre genannt wird. In der Abb. 7 ist die neue Schaltung gezeigt, und es ist daraus zu erkennen, daß die Impulsrohre statt des Leuchtschirmes zwei Metallschirme *a* und *b* besitzt, von denen der erste 30 äquidistante Schlitze aufweist. Wenn nun ein Kathodenstrahl infolge der pendelnden sinusförmigen Ablenkspannung über den Schirm *a* hin und her wandert, so gelangt jedesmal beim Überqueren eines Schlitzes für einen Augenblick ein geringer Strom auf den Schirm *b*, der über einen Verstärker V_4 die Anzeigeröhre steuert. Weitere eingehende Einzelheiten über die Schaltung müssen aus der Arbeit entnommen werden. Besonders mußte aber beim Bau des Gerätes darauf geachtet werden, daß keine Phasenverschiebungen zwischen den verstärkten Spannungen an den Ablenkplatten und der Regelelektrode der Kennlinienröhre (Anzeigeröhre) auftreten. Dies wird durch eine besondere Anordnung erreicht, welche die störenden Rückkopplungen beseitigt oder vermeidet. Zu diesem Zwecke gibt man den beiden Verstärkerröhren genau entgegengesetzte Amplituden der Anodenwechselströme, so daß die Summe der Anodenströme konstant ist, und man erzielt, daß jede Rückkopplung und jeder Phasenunterschied zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung vermieden wird. Mit einer solchen Schaltung lassen sich Kennlinienfelder in Form räumlicher Diagramme aufnehmen, wie es von den beiden Verfassern gezeigt ist. *Hsr.*

Elektrische Prüfämter. — Der von der Vereinigten Saar-Elektrizitäts-A.G. in Saarbrücken nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle in Saarlautern ist die Genehmigung erteilt worden[1]), als „Elektrisches Prüfamt 65" amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar mit Gleichstrom bis 100 A 600 V, mit Wechsel- und Drehstrom bis 100 A 600 V.

Der von den Siemens-Schuckertwerken AG. in Nürnberg nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[2]), als „Elektrisches Prüfamt 66" amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom bis 10000 A 800 V

mit Wechsel- und Drehstrom bis 3000 A 40000 V.

Lichttechnik.

DK 628.971.6

Verdunkelung der Straßenbeleuchtung im Luftschutz. — [Nach von E. von der Trappen, Licht 9 (1939) S. 91; 3½ S., 6 Abb.]

Die bei Aufruf des Luftschutzes zu verdunkelnde Straßenbeleuchtung muß eine Aufrechterhaltung des Verkehrs ermöglichen und darf aus 500 m Flughöhe nicht wahrnehmbar sein. Anzustreben ist die Herstellung endgültiger Verdunkelungsanlagen.

Vollselbsttätige Schaltungen nur zu Luftschutzzwecken einzurichten, ist nicht anzuraten, da die Kosten sehr hoch sind und diese teure Schaltweise nur in gewissen Grenzen anwendbar ist. Wird sie eingerichtet, ist dafür Sorge zu tragen, daß kein Mißbrauch getrieben werden kann. Völlige Trennung der Luftschutzbeleuchtung von der friedensmäßigen Beleuchtung wird nach Lage der Dinge vorzuziehen sein, da die friedensmäßigen Leuchten nicht verwendet werden können, sondern Richtleuchten besonderer Formen anzuordnen sind. Es können später nur Richtleuchten verwendet werden, die von amtlicher Stelle als für Luftschutzzwecke geeignet befunden wurden. Sie sollen nicht allein ein Richt-Lichtpunkt sein, sondern einen Straßenumkreis von 30 m Dmr. unter der Leuchte auch so beleuchten, daß die obengenannte Bedingung, Aufrechterhaltung des Verkehrs, erfüllt wird.

Die Anordnung der Richtleuchten muß so erfolgen, daß Hindernisse nicht angefahren und die Fahrzeuge möglichst den Verkehrsvorschriften entsprechend geleitet werden. Der Verfasser gibt in seiner Abhandlung einige Skizzen, von denen eine die Abb. 8 zeigt, nach der die friedensmäßige Seitenbeleuchtung durch Mittelaufhängung der Richtleuchten ersetzt wird. Gleiche Lichtpunkthöhe, möglichst 8 m über Straßendecke, ist durchgehend wünschenswert. Gegebenenfalls sind kleinere Maste zu verlängern, oder es ist mit Auslegern an Hauswänden zu arbeiten. Zu verhindern ist jedoch in allen Fällen

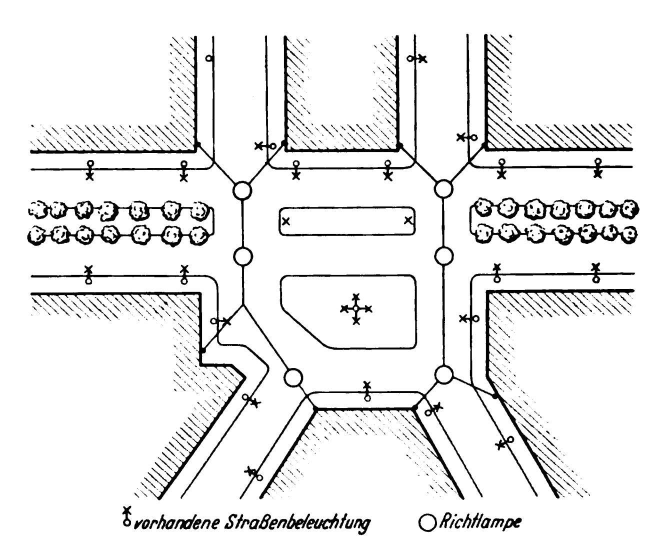


Abb. 8. Vorschlag zur Anordnung von Luftschutz-Richtbeleuchtung.

ein Pendeln der Leuchten und eine besondere Aufhellung unter der Leuchte in größerer Höhe als die Straßendecke befindlicher Gegenstände, etwa die Dächer von Plakatsäulen. Spannungsabsenkung zu verwenden zur Erreichung der zulässigen, weitestgehend gleichmäßigen Beleuchtungsstärke unter der Leuchte bedingt hohe Kosten und führt in den wenigsten Fällen zum Ziel, nämlich dem erwünschten Charakter einer Luftschutzanlage.

Es wird vielfach vorteilhaft und billiger sein, den Anschluß für die Richtleuchten nicht dem Ortsnetz (Kabelleitungen), sondern den Haussteigeleitungen zu entnehmen, in Freileitungsnetzen dem Anschluß in einem Hause.

Der Verfasser beansprucht keine völlige Zustimmung zu seinen Ausführungen und weist darauf hin, daß das Gebiet nicht erschöpfend behandelt ist, will jedoch durch seine Ausführungen Anregungen und Hinweise zur Förderung der Einrichtung von Luftschutz-Straßenbeleuchtungen geben. *eb.*

Verkehrstechnik.

DK 621.333.025.1 : 621.3.016.2

Erhöhung der Grenzleistung an Einphasen-Lokomotivmotoren für 50 Hz. [Nach K. Tardel, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 10, S. 627; 29 S., 23 Abb.]

Die Grenzleistung der Einphasen-Reihenschlußmotoren ist durch die transformatorische Funkenspannung, die von der Bürste ertragen werden kann, begrenzt. Folglich kann ein 50 Hz-Motor nur für $^1/_3$ der Polleistung des $16^2/_3$ Hz-Motors bemessen werden, weswegen man nur wesentlich kleinere Motoreinheiten bauen kann. Die erforderlichen Achsleistungen muß man dann in Form von Doppelmotoren unterbringen. Damit wird aber die Gewichtsersparnis am Transformator reichlich wieder aufgewogen. Man erhält schwerere und teurere Triebfahrzeuge als bei $16^2/_3$ Hz. Will man den 50 Hz-Motor für höhere Leistungen bauen, so bleibt nur die Erhöhung der Transformator-Funkenspannung übrig. Jedes Volt Spannung, welches man an den Bürsten mehr zulassen kann, bedeutet eine Erhöhung der Grenzleistung dieser Motoren.

In der Arbeit wird nun vom Verfasser ein Verfahren vorgeschlagen, nach welchem die Bürsten in isolierte Schichten unterteilt und mit den Anzapfungen einer Hilfsspule verbunden werden, deren Mitte der Betriebsstrom zugeleitet wird. Die Hilfsspule wird nun genau wie die transformatorische Funkenspannung vom Hauptfeld des Motors erregt. Die Hilfsspule liefert also eine betriebsmäßig immer richtige Gegenspannung

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1431.
[2]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1342.

Digitized by Google

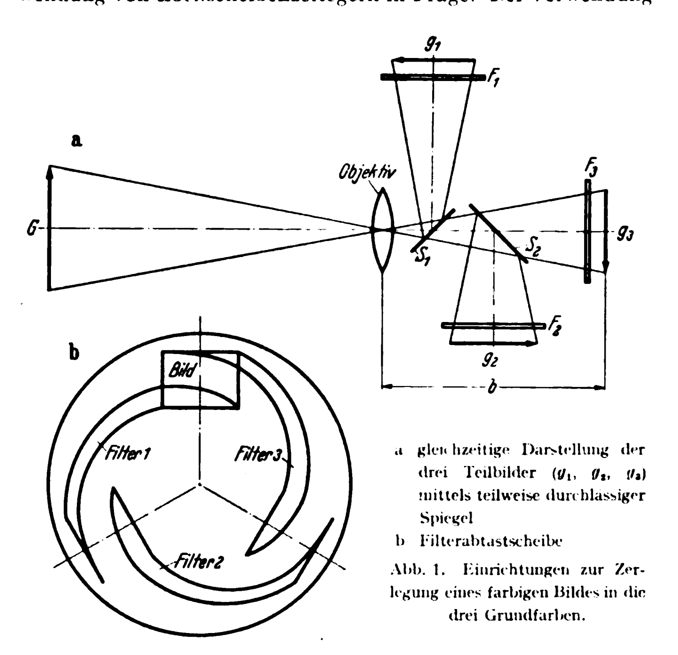
zur Kompensierung der zwischen den Teilbürsten auftretenden mittleren Funkenspannungen. Bei Motoren, die mit phasenverschobenem Wendefeld arbeiten, muß die Hilfsspule lose mit der Erregerwicklung auf dem Hauptpol gekoppelt werden, um Ausgleichströme über die Teilbürsten zu vermeiden. Es wird gezeigt, daß eine solche Spule in besonderen Nuten an einer magnetisch wenig ausgenutzten Stelle des Hauptpoles untergebracht werden kann, ohne daß die Abmessungen der Maschine vergrößert werden müssen. Durch Rechnung und Versuch ist gezeigt, in welcher Weise die von der transformatorischen Funkenspannung verursachten Verluste, die Stromdichten an den ablaufenden Bürstenkanten und die abzuschaltenden magnetischen Energien abnehmen, wenn die Bürsten in voneinander isolierte Schichten unterteilt werden, und die Stromzufuhr zu den Teilbürsten über entsprechende Kompensationsspannungen erfolgt. Der Versuch, einen für $16^2/_3$ Hz gebauten Modellmotor mit der beschriebenen Anordnung auch für 50 Hz brauchbar zu machen, führt zu einem positiven Ergebnis. Es genügt aber eine Verdoppelung der transformatorischen Funkenspannung, die mit der Anordnung ohne weiteres erreicht wird, um von der Doppelmotoranordnung wieder frei zu kommen. Damit kann man 50 Hz-Motoren bauen, die in ihren Gewichtsleistungen den $16^2/_3$ Hz-Motoren sehr nahe kommen. Wegen des leichteren Transformators wird die gesamte elektrische Ausrüstung des Fahrzeuges dann sogar leichter und billiger als eine gleichwertige $16^2/_3$ Hz-Ausrüstung. Außerdem wird der Bau und Betrieb elektrischer Bahnanlagen für 50 Hz wesentlich billiger und einfacher als für $16^2/_3$ Hz, da man die Oberleitung direkt oder über Transformatoren an das Landesnetz anschließen kann.

Fernmeldetechnik.

DK 621.397.3

Über die Bildfeldzerlegung bei der Farbenfernsehübertragung. [Nach H. Preßler, Fernsehen (1938) S. 89; 5 S., 6 Abb.]

Es ist eine experimentell gesicherte Tatsache, daß sich alle in der Natur vorkommenden Farben aus drei Grundfarben, etwa Rot, Grün und Violett ermischen lassen. Für die Praxis von Vorteil ist dabei die Erscheinung, daß die natürlichen Farben vorwiegend ungesättigt, also mehr oder weniger weißverdünnt sind, wenn man die reinen Spektralfarben als gesättigt bezeichnet, so daß die für eine Farbenzerlegung nötigen drei Filter einen nicht sehr engen spektralen Durchlässigkeitsbereich zu haben brauchen. Für das Farbenfernsehen ergibt sich somit die Forderung, jeden Bildpunkt in die drei Grundfarben zu zerlegen, deren Intensitäten fernzumelden und im gleichen Verhältnis empfängerseitig zur Mischfarbe zusammenzusetzen. Die Übertragung der drei Einzelsignale kann gleichzeitig oder aufeinanderfolgend vor sich gehen. Eine gleichzeitige Übertragung macht die Verwendung dreier Übertragungskanäle notwendig; sie bedingt eine dreifache gleichzeitige Farbzerlegung des fernzumeldenden Bildes; um eine Parallaxe zu vermeiden, kann nur mit einem Objektiv gearbeitet werden. Abb. 9a veranschaulicht ein Verfahren zur gleichzeitigen, getrennten Darstellung eines Bildes in den drei Grundfarben bei Verwendung eines einzigen Objektives. Letzteres bildet den Gegenstand (G) in der Bildweite (b) ab. Im Strahlengang hinter dem Objektiv liegen zwei durchlässige Spiegel (S_1 und S_2), deren erster etwa 33 % und deren zweiter etwa 50 % der jeweils auffallenden Lichtmenge reflektiert, so daß drei Bilder von annähernd gleicher Intensität entstehen. In die einzelnen Lichtwege sind die den Grundfarben entsprechenden Filter eingeschaltet. Mittels dreier synchron und konphas laufender Kathodenstrahlen oder Lochscheiben können dann die die Intensitätsverteilung der drei Grundfarben darstellenden Teilbilder gleichzeitig abgetastet werden. Die Aufteilung des abbildenden Strahlenbündels bringt es mit sich, daß die Einzelbilder ziemlich lichtschwach sind; nachteilig ist außerdem die Notwendigkeit dreier Übertragungswege. Beim Verfahren der aufeinanderfolgenden Übertragung der drei Einzelsignale ist nur ein Kanal nötig. Voraussetzung für die Anwendbarkeit eines solchen Verfahrens ist, daß die Zeitdauer zwischen den einzelnen einfarbigen Lichtreizen nicht größer als $^1/_{10}$ s ist und daß die Zerlegung nach den drei Grundfarben so schnell erfolgt, daß sich das Bild auf dem Zerlegerfeld in der Zwischenzeit nicht merklich verschoben hat. Beide Bedingungen sind erfüllt, wenn die Farbenzerlegung je Bildpunkt oder je Bildzeile erfolgt, wie eine einfache Abschätzung zeigt. Bei einer Farbenzerlegung je Bild ist die erste Bedingung nur dann erfüllt, wenn bei einer Bildfrequenz von 50 je Sekunde jede der drei Abtastungen in $^1/_{150}$ s erfolgt. Läßt man eine Bildverschiebung um einen Bildpunkt in der Zeit, in der das Bild aus den drei einfarbigen Bildern zum Empfangsbild aufgebaut wird, zu, so ergibt sich eine zulässige Geschwindigkeit des abzubildenden Gegenstandes von 50 Bildpunkten in der Sekunde, d. h. von 4,5 km/h bei der Annahme eines quadratischen Bildpunktes von 0,5 mm Seitenlänge und eines optischen Verkleinerungsverhältnisses von 1 : 50. Eine Möglichkeit der Farbenzerlegung je Bild beruht auf der Anwendung umlaufender Filter, wie in Abb. 9b gezeigt wird. Die Umlaufgeschwindigkeit der Filterscheibe muß dabei synchron mit der Bildfrequenz erfolgen. Für eine Farbenzerlegung je Bildzeile oder je Bildpunkt kommt wegen der nun nötigen hohen Umlaufgeschwindigkeiten nur noch die Verwendung von Lochscheibenzerlegern in Frage. Bei Verwendung



a gleichzeitige Darstellung der drei Teilbilder (g_1, g_2, g_3) mittels teilweise durchlässiger Spiegel
b Filterabtastscheibe

Abb. 1. Einrichtungen zur Zerlegung eines farbigen Bildes in die drei Grundfarben.

von Kathodenstrahlröhren als Empfangsanordnungen würden bei zeitproportionaler Bildablenkung die drei einfarbigen Zeilen untereinander, die drei einfarbigen Bildpunkte nebeneinander abgebildet werden. Der Betrachtungsabstand müßte so groß sein, daß die Zeilen bzw. die Punkte in der Mischfarbe wahrgenommen werden können, d. h. die Bildpunkte könnten in einem Fall in der Zeilenrichtung, im anderen Fall senkrecht zur Zeilenrichtung dreimal größer sein als in der anderen Richtung. Soll mit quadratischen Bildpunkten gearbeitet werden, so müßte die Zeitablenkspannung einen treppenförmigen, zeitlichen Verlauf haben; die Zeit, innerhalb der die Zeilenablenkspannung einen Festwert hat, müßte dabei gleich der dreifachen Zeilen- bzw. Bildpunktdauer sein. *E. C. M.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.3.06.001.3+621.316.3.021/.022

Begriff der allgemeinen Schaltungstechnik. [Nach H. Piesch, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 10, S 672; 14½ S., 3 Abb.]

Die Aufgaben der Schaltungstechnik werden in zwei Gruppen geteilt, welche 1. die Schaltung von Stromquellen und Verbrauchern, 2. die Herstellung der leitenden Verbindungen zwischen Stromquellen und Verbrauchern umfassen. Dieser Teil wird mit dem Namen „Allgemeine Schaltungstechnik" bezeichnet. In diese Verbindungen werden sämtliche Schaltwerke gelegt, durch die die einzelnen Stromwege, entsprechend den Bedingungen, welche die Schaltung erfüllen soll (Schaltbedingungen), geöffnet bzw. geschlossen werden sollen. — Eine systematische Behandlung der allgemeinen Schaltungstechnik gibt nun die Möglichkeit, jede beliebige Schaltung aus den vorgegebenen Bedingungen logisch zu entwickeln und umgekehrt aus jeder vorgegebenen Schaltung deren Wirkung abzuleiten; d. h. zu ermitteln, bei welchen Schalterstellungen die einzelnen Verbraucher der Schaltung angespeist bzw. von der Stromquelle abgetrennt sind (die beiden „Schaltzustände" für jeden Verbraucher hergestellt werden). — Unter den Schaltbedingungen sind zwei Arten von Vorschriften zu unterscheiden:

1. Es wird verlangt, daß von zwei (oder mehr) Forderungen sowohl die eine als auch die andere erfüllt sind;
2. von mehreren Forderungen braucht nur eine erfüllt sein.

Digitized by Google

Beziehen sich die Forderungen auf Schalterstellungen, so wird die Vorschrift erster Art durch eine Reihenschaltung, die zweiter Art durch eine Parallelschaltung der betreffenden Kontakte erfüllt. Jede allgemeine Schaltung kann in eine endliche Anzahl von Teilschaltungen (deren einfachste Form eine Verbindung über einen Kontakt darstellt) aufgelöst werden, die durch Reihen- und Parallelschaltungen miteinander verknüpft sind; daher kann jede Schaltung durch Symbole für die Schaltvorschriften erster und zweiter Art erschöpfend gekennzeichnet werden. Für diese Vorschriften wurden Operationszeichen; für die Schaltgegenstände Operandenzeichen eingeführt, welche den Zeichen der algebraischen Formeln nachgebildet sind. — Aus den Definitionen konnten Rechenregeln für die mathematische Darstellung der Schaltbedingungen, sog. „Zustandsfunktionen" abgeleitet werden.

Mit Hilfe der mathematischen Darstellung sind die folgenden Aufgaben unmittelbar zu lösen:

1. Zu einer vorgegebenen Schaltung die Inverse zu finden (bzw. zur Umwandlung von Arbeitsstrom in Ruhestromschaltungen). 2. Für jede vorgegebene endliche Anzahl von Schaltern sämtliche Zustandsfunktionen darzustellen, welche mit diesen Schaltern gebildet werden können. 3. An bestehenden Schaltungen die größtmögliche Zahl von Kontakten und Verbindungen einzusparen, ohne daß die Wirkungsweise der Schaltung geändert wird. 4. Für jede Angabe zur Entwicklung einer neuen Schaltung: a) zu bestimmen, ob die Angaben eine eindeutige oder mehrdeutige Lösung zulassen bzw. ob die einzelnen Forderungen einander widersprechen, b) die Zustandsfunktion für die Schaltung abzuleiten und dadurch die Aufgabe bei geringem Zeitaufwand auf Grund rein logischer Überlegungen zu lösen.

DK 621.315.5.022 : 537.523.5

Vorgänge beim Schmelzen und Verdampfen von Drähten mit sehr hohen Stromdichten. [Nach J. Wrana, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 656; 16½ S., 20 Abb.]

Durch Kondensatorenladungen wurden in Drähten Stromdichten von mehreren 100 000 A/mm² erzeugt, dabei schmelzen und verdampfen die Drähte in Zeiten von millionstel Sekunden. Strom- und Spannungsaufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen zeigen, daß Schmelzen und Verdampfen auch bei so hohen Stromdichten zeitlich scharf getrennte Vorgänge sind. Das vollzogene Schmelzen macht sich im Stromverlauf durch eine Knickstelle bemerkbar, welche durch die sprunghafte Widerstandsänderung beim Übergang vom festen in den flüssigen Zustand hervorgerufen wird.

Durch das Verdampfen des Leiters erfolgt die Stromunterbrechung, da der Metalldampf bei seiner Entstehungstemperatur ein Nichtleiter ist. Obwohl sich beim beginnenden Zerfall des Leiters kleine Teillichtbögen bilden, kommt es nicht zu einem Lichtbogen über die ganze Schmelzstrecke, über welchen der Kondensator sich vollständig entladen könnte, sondern die Kondensatorentladung wird stets durch das Verdampfen unterbrochen. Bei Stromdichten von mehr als 180 kA/mm² zu Beginn der Verdampfung erfolgt die Abnahme des Stromes mit wachsenden Werten von dI/dt bis $I = 0$ ist; dadurch entstehen hohe Überspannungsspitzen an der Schmelzstrecke.

Sowohl beim Schmelzen wie auch beim Verdampfen verläuft die Stromdichte für Vorgänge verschiedener Dauer nach dem Gesetz $i = \text{konst.}/t$ und nicht, wie man erwarten würde: $i^2 = \text{konst.}/t$, da wie bekannt, die Temperatur eine Funktion von $\int i^2\,dt$ ist. Daraus folgt, daß die zum Schmelzen und Verdampfen aufzuwendende Energie W bei so kurzen Zeiten ebenfalls dem Gesetz $W = \text{konst.}/t$ folgt, also mit abnehmender Zeit ansteigt. Das läßt sich auch leicht durch direkte Messung der aus dem Kondensator zum Schmelzen und Verdampfen entnommenen Energie aus den Spannungswerten vor und nach dem Vorgang feststellen. Dabei ergibt sich gleichzeitig, daß die beobachtete Energiesteigerung unterhalb etwa 10 µs einsetzt, denn zwischen 7 und 10 µs geht die Gesetzmäßigkeit $W = \text{konst.}/t$ in $W = \text{konst.}$ über.

Bei verschiedenen Metallen (Cu, Ag, Al, Fe) und verschiedener Leiterumgebung (Luft, Sand, Wasser, Öl) treten nur unbedeutende Abweichungen im Strom- und Spannungsverlauf ein.

Wenn die Schmelzstrecke im Verhältnis zu der sich bildenden Überspannung kurz genug ist, so erfolgt ein Durchschlag der von isolierendem Metalldampf erfüllten Strecke, und der Kondensator entlädt sich über einen stromstarken Lichtbogen vollständig. Eine andere Art der Wiederzündung ist durch Thermoionisierung mehrere Mikrosekunden nach erfolgter Stromunterbrechung möglich. Nachdem der Strom zu Null geworden ist, brennt der Metalldampf weiter und kann durch die wirksam werdende Verbrennungswärme über eine Temperatur von 3500° C erhitzt werden, wobei er durch Thermoionisierung leitend wird; dann vermag die am Kondensator zurückgebliebene Restspannung selbst über verhältnismäßig große Strecken einen stromstarken Lichtbogen einzuleiten, wodurch sich der Kondensator vollständig entlädt. Ob diese Wiederzündung einsetzt oder ob die Restspannung am Kondensator bestehen bleibt, hängt von der Höhe derselben, von der Drahtlänge und insbesondere vom Leitermaterial ab; je höher die Verbrennungswärme eines Metalls, um so leichter erfolgt eine Wiederzündung.

AUS LETZTER ZEIT.

Anordnung 47 der Reichsstelle für Metalle, betr. Verwendung von Aluminium und Magnesium[1]**.** — In § 1 der obigen Anordnung wird bestimmt, daß die Verwendung von Aluminium, Magnesium und deren Legierungen in jeder Form und jedem Verarbeitungsgrad, auch in Form von Plattierungen, Überzügen und sonstigen Deckschichten verboten ist für alle Erzeugnisse und Zwecke soweit nicht die Reichsstelle für Metalle ausdrücklich Ausnahmen von diesem Verbot bewilligt. Diese Ausnahmen sind im Abschnitt II § 4 auf dem Gebiete der Elektrotechnik festgelegt:

„A. Ausgenommen ist die Verwendung von Aluminium, Magnesium und deren Legierungen für

1. stromführende Teile,
2. Umflechtungen für Kabel und Leitungen,
3. Reflektoren für Scheinwerfer und Bestrahlungsgeräte,
4. Verbindungs- und Befestigungsteile,
5. Verschlüsse,
6. Zähler,
7. Erzeugnisse des Schiffbaues, für die in der Umstellnorm DIN HNA We 103 U keine anderen Werkstoffe als Aluminium, Magnesium oder deren Legierungen angegeben sind.

B. Ausgenommen ist die Verwendung von Magnesium und Magnesiumlegierungen für diejenigen Konstruktions- und Zubehörteile von Funk- und Fernmeldegeräten, von Zeiger- und selbstschreibenden Meßinstrumenten, sowie von elektromedizinischen Geräten und Anlagen, die im § 15 der Anordnung 32 a, betr. Verwendung von Metallen in der Elektrotechnik, vom 24. Juni 1939 (Deutscher Reichsanz. u. Preuß. Staatsanz. Nr. 147 vom 29. Juni 1939) unter B Ziffer 1 bis 3 und unter C Ziffer 1 aufgeführt sind."

Die in dem § 4 zugelassene Verwendung von Aluminium, Magnesium oder deren Legierungen für einzelne Erzeugnisse oder Zwecke darf nur durch solche Betriebe erfolgen, die für die gleichen Erzeugnisse oder Zwecke nachweislich das gleiche Metall in der Zeit vom 1. 4. 1939 bis zum Inkrafttreten dieser Anordnung erlaubtermaßen verwendet haben, oder die hierfür eine besondere Genehmigung der Reichsstelle für Metalle erhalten.

Die Bestimmungen der Anordnung 46 (Verwendungsverbote für Metalle vom 22. Juni 1939[2])) gelten als Rahmenbestimmungen und damit als Bestandteil der neuen Anordnung 47.

Internationale Verkehrs-Ausstellung Köln 1940. — Die Vorbereitungsarbeiten für die Internationale Verkehrs-Ausstellung in Köln, auf die in H. 24, S. 730, hingewiesen wurde, können z. Z. nicht fortgesetzt werden. Die Festsetzung eines neuen Termins der Ausstellung und der Wiederaufnahme der Arbeiten wird rechtzeitig bekanntgegeben.

[1]) Deutscher Reichsanzeiger Nr. 225 vom 26. 9. 1939.
[2]) Deutscher Reichsanzeiger Nr. 147 vom 29. 6. 1939. ETZ 60 (1939) H. 29, S. 885.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Hochfrequenztechnik.

Die Normgruppe „Rundfunk" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat zusammen mit dem Unterausschuß „Geräte" des Ausschusses für Hochfrequenztechnik folgende Normblatt-Entwürfe für Rundfunkgerät fertiggestellt, die in ETZ 60 (1939) S. 1208 veröffentlicht sind:

DIN VDE 1580 „Gemeinsame Steckvorrichtung für Antenne und Erde"

DIN VDE 1581 „Gemeinsame Steckvorrichtung für zwei Antennen und Erde"

DIN VDE 1582 „Abzweigdose für Antennen".

Begründete Einsprüche gegen die oben angegebenen Normblatt-Entwürfe sind bis zum 1. Dezember 1939 an die Geschäftstelle des VDE einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung:

Blendermann

Übersetzungen von VDE-Arbeiten.

Die ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 VDE-Haus, hat kürzlich die folgenden fremdsprachigen Ausgaben von VDE-Bestimmungen herausgebracht, die zu den angegebenen Preisen bei ihr erhältlich sind:

	Portugiesisch	RM
VDE 0100/X. 38	„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V" (Caderno 1021)	1,40
VDE 0101/XII. 37	„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber" (Caderno 1022)	1,40
VDE 0318/II. 38	„Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe" (Caderno 1038)	0,70
	Spanisch	
VDE 0100/X. 38	„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V" (Cuaderno 2021)	1,40
VDE 0101/XII. 37	„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber" (Cuaderno 2022)	1,40
VDE 0140/1932	„Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V" (Cuaderno 2035)	0,70
VDE 0535/III. 38	„Regeln für elektrische Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen" (Cuaderno 2015)	1,40
VDE 0560/1932	„Leitsätze für ruhende elektrische Kondensatoren in Starkstromanlagen" (Cuaderno 2036)	0,70
	Englisch	
VDE 0318/II. 38	„Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe" (Publication 3038)	0,70
VDE 0410/X. 38	„Regeln für Meßgeräte" (Publication 3039)	0,70
VDE 0560/1932	„Leitsätze für ruhende elektrische Kondensatoren in Starkstromanlagen" (Publication 3036)	0,70

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung:

Blendermann

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 26. 10. (Do), 19^{30}, El. Inst.: „Rückblick auf die Entwicklungsjahre der Wechselstromtechnik". G. Brion.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Berlin, gemeinsam mit dem VDE Bezirk Berlin. 31. 10. 1939 (Di) 18^{00}, Phys. Inst. der T. H., Kurfürsten-Allee: „Die Lichttechnik im Dienste des Luftschutzes". Dipl.-Ing. E. von der Trappen und Dr. phil. habil. N. Riehl.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

O. T. Bláthy †. — Am 27. September starb im achtzigsten Lebensjahr Herr Hofrat Dr.-Ing. h. c. Otto Titus Bláthy. In Tata 1860 geboren, erwarb er 1881 das Ingenieurdiplom an der T. H. Wien und trat dann nach einer kurzen Tätigkeit im Konstruktionsbureau der Ungarischen Staatsbahnen 1883 in den Dienst der Firma Ganz & Co. in Budapest, wo es ihm vor einigen Jahren als Direktionsmitglied vergönnt war, das fünfzigjährige Jubiläum seiner Tätigkeit bei dieser Firma zu feiern. Als Nestor der ungarischen Elektrotechniker, vor allem aber durch seine wissenschaftlichen Forschungen und Erfindungen sowie seine Leistungen im Bau elektrischer Maschinen und Apparate, ist er weit über die Grenzen Ungarns hinaus bekanntgeworden. 1908 erhielt Bláthy den Titel eines königl. ung. Hofrates, die Ungarische Akademie der Wissenschaften sprach ihm 1909 den Wahrmann-Preis zu, 1917 wurde er von den Technischen Hochschulen Wien und Budapest zum Doktor h. c. der technischen Wissenschaften und 1930 vom Elektrotechnischen Verein Berlin zum korrespondierenden Mitglied ernannt.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 517.2

Die Differentialgleichungen der Technik und Physik. 3. Aufl. des Lehrbuches „Die Differentialgleichungen des Ingenieurs" von Prof. Dr. W. Hort †. Bearb. von Dr. A. Thoma. Mit 329 Abb., XII u. 684 S. im Format 155 × 225 mm. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1939. Preis geb. 38 RM.

Das bekannte Buch des leider so plötzlich aus dem Leben geschiedenen Verfassers ist eine mit anerkennenswertem Fleiß verfaßte Sammlung von technischen und physikalischen Fragestellungen, die auf Differentialgleichungen führen. Das Verzeichnis der behandelten Differentialgleichungen läßt erkennen, daß sich die neue Bearbeitung dem Umfange nach von der vorigen Auflage sehr wenig unterscheidet. Wesentlich der erste Teil, der „grundlegende Betrachtungen" betitelt ist, hat rund den doppelten Umfang gegenüber der entsprechenden „Einleitung" der zweiten Auflage erhalten. Dabei ist zu bemerken, daß er auch inhaltlich gewonnen hat, denn zahlreiche mathematische Unmöglichkeiten und Mängel dieses Teiles sind verbessert worden; freilich ist noch mancherlei stehen geblieben, was einer mathematischen Kritik nicht standhält, und es dürfte für eine kommende Auflage doch nicht zu umgehen sein, einen geeigneten mathematischen Mitarbeiter zu Rate zu ziehen. Auch in praktisch-mathematischer Beziehung wäre eine

Digitized by Google

schärfere Kritik am Platze gewesen: die in Bild 46 angegebene Konstruktion einer Integralkurve genügt nur recht mäßigen Ansprüchen; die Theorie des Amslerschen Planimeters ist nicht einwandfrei (Amslers Name kommt übrigens in dem ganzen Buche nicht vor). In der Überschrift des § 105 ist von der „Robinsonschen" Normalform bei linearen Differentialgleichungen die Rede; aber dieser Robinson wird sonst nirgends erwähnt, und die Namen von Fuchs und von Frobenius mit den angeführten Arbeiten genügen doch völlig.

Für einen kritischen Leser ist es aber trotz aller Mängel ein nützliches und empfehlenswertes Buch. R. Rothe VDE.

DK 621.3

Lehrbuch der Elektrotechnik. 1. Band: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von Prof. Dr.-Ing. G. Oberdorfer. Mit 272 Abb., 1 Tafel u. 460 S. im Format 170 × 240 mm. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1939. Preis geb. 19,50 RM.

Der Verfasser beabsichtigt, in einem dreibändigen Lehrbuch das Gesamtgebiet der Elektrotechnik ohne Festlegung auf eine bestimmte Fachrichtung nach einheitlichen Gesichtspunkten darzustellen.

Der vorliegende erste Band behandelt die wissenschaftlichen Grundlagen, für deren anschauliche Darstellung selbstverständlich Beispiele aus der Praxis herangezogen werden, die entsprechend der Zielsetzung des Gesamtwerkes aus den verschiedensten Fachgebieten entnommen sind. Auch die Auswahl der mathematischen Hilfsmittel, die ausführlich im zweiten Band behandelt werden sollen, hinsichtlich des für die Darstellung der Grundlagen unerläßlichen Mindestumfanges ist glücklich gelöst. Begrüßenswert ist vor allem die Sorgfalt, mit der die Frage der Dimensionen und Einheiten überall behandelt wird, wenn man auch über die Wahl der Grundeinheiten und die Frage der Neueinführung von Einheitsbezeichnungen verschiedener Meinung sein kann. Der Hauptteil des Buches behandelt die Maxwellsche Theorie unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der Elektronik. Der Elektronik und ihren Anwendungen ist darüber hinaus noch ein besonderer Abschnitt gewidmet. Den Abschluß des Buches bildet eine Behandlung der Grundtatsachen der Wechselstromlehre, in der als Beispiele vorwiegend Aufgaben der Starkstromtechnik behandelt werden, und ein kurzer Abschnitt über die Ausbreitung des elektromagnetischen Feldes im Raum.

Das Buch wird nicht nur dem Studierenden eine wertvolle Hilfe als Einführung in die Elektrotechnik sein, sondern auch vom älteren Ingenieur zur Ergänzung seines Wissens auf den neuesten Stand der Erkenntnis und als Nachschlagewerk gerne benutzt werden. H. Schwenkhagen VDE.

DK 621.313.1–181.4

Les Petits Moteurs Electriques. Von Prof. R. Beyaert. Mit 172 Abb. VI u. 218 S. im Format B 5. Verlag H. Dunod, Paris 1939. Preis geh. 78 Fr, geb. 98 Fr.

Das Buch bildet die Erweiterung einer Aufsatzreihe desselben Verfassers im Electricien 1937 [Besprechung s. ETZ 59 (1938) S. 602].

Mit dem vorliegenden Buch ist es Beyaert gelungen, den gebotenen Stoff flüssig und leichtfaßlich darzustellen. Eine streng wissenschaftliche Behandlung des Gebietes war nach der Angabe im Vorwort nicht beabsichtigt. Die Verflechtung der Theorie mit der Erfahrung ist daher sehr spärlich, doch werden Konstrukteuren und projektierenden Ingenieuren wertvolle Fingerzeige geboten. Zahlreiche Bilder und Schnittzeichnungen, die meist von den Herstellerfirmen stammen, geben manche gute Anregung. Neben den französischen, englischen und amerikanischen Fabrikaten sind auch fast alle deutschen vertreten.

Die Einteilung der Hauptabschnitte nach der Stromart in Gleich- und Wechselstrommotoren würde besser nach der Bauart in drei große Gruppen: Kommutatormotoren, Induktionsmotoren und Synchronmotoren vorzunehmen gewesen sein. Dadurch hätte sich die doppelte Behandlung des Universalmotors als Gleich- und Wechselstromreihenschlußmotor vermeiden lassen. Zu den einzelnen Abschnitten sei folgendes erwähnt:

Der Abschnitt 1 bis 3 über Gleichstrommotoren bringt an keiner Stelle etwas über das wichtige Gebiet der Ankerwicklungen, was bei gleichem Umfang durch teilweise Weglassung der langen Tafeln über Stromaufnahme, Drehzahl, Wirkungsgrad usw. möglich gewesen wäre. Bei Betrachtung des Universalmotors unter Abschnitt 4 und 5 auf Seite 22 bis 64 hätte erwähnt werden können, daß es für kleine Spannungen auch einen Nebenschluß-Universalmotor gibt, der als bei Wechselstrom läufererregte Maschine gebaut werden kann. Die Erfahrung hat gezeigt, daß für kleine Motoren der Transformator bis zu 125 V Netzspannung entbehrt wird und dieser einphasige Wechselstrommotor auch als Nebenschluß-Universalmotor verwendbar ist. Der nach dem einfachen Repulsionsmotor unter Abschnitt 7 auf S. 71 bis 80 besprochene Repulsionsinduktionsmotor wird offenbar wegen seiner großen Verbreitung in Amerika ziemlich eingehend gewürdigt. Einen Höhepunkt in der Darstellung bietet nach kurzer vorangehender Betrachtung des Drehstrominduktionsmotors der in den Abschnitten 9 bis 14 auf S. 101 bis 175 über einphasige Induktionsmotoren gebotene Lehrstoff. Wie bereits in der ETZ-Besprechung seiner Aufsätze erwähnt ist, schätzt jedoch Beyaert die Bedeutung der Motoren mit Widerstandshilfsphase und Fliehkraftschalter nicht richtig ein. Die von ihm mit Vorliebe behandelte Ausführung mit induktiver Hilfsphase geht wohl auf eine zuerst von Heyland beschriebene Bauart zurück, bei der die Hilfsphase in einer breiten Nut mit eisengeschlossenem Nutensteg liegt. Es ist wahrscheinlich, daß die über solche Westinghouse-Motoren genannten Werte des Anzugsmoments von 1,75 bis 2,25fachen Betrag des Nennmomentes durch überdimensionierte Modelle begründet sind; in Wirklichkeit dürften die mit induktiver Hilfsphase erreichten Anzugsmomente nicht größer sein als mit Widerstandshilfsphase. Nach Fig. 123 besitzt ein Einphasenmotor der Firma Schorch das 4,25fache Anzugsmoment bei 4,7fachem Anlaufstrom. Bei einem dieser Werte dürfte wohl ein Meßfehler vorliegen, denn das Güteverhältnis 1,1 zwischen prozentualem Anlaufstrom und Anzugsmoment wird kaum zu erreichen sein. Die letzten Abschnitte beschreiben Synchronmotoren und erläutern deren Anwendungsgebiet. Am Schluß wird nochmals eine Zusammenstellung über den Verwendungsbereich aller Kleinstmotoren gegeben. Gustav Bolz VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Lehr- und Experimentierbuch für Elektrotechnik mit Fachrechnen. 2. Teil: Elektrotechnische Maschinen-, Umformer- und Meßinstrumentenkunde. Zum Gebrauch an Berufs- und Gewerbeschulen sowie zum Selbstunterricht und zur Vorbereitung auf die Gesellen- und Meisterprüfung. Von K. Gringel und P. Hutschenreiter. 2. umgearb. Aufl. Mit 95 Abb. u. 64 S. im Format 165 × 230 mm. R. Herrosé's Verlag, Gräfenhainichen 1939. Preis kart. 1,20 RM.

[In einer für Berufs- und Gewerbeschulen bestimmten Darstellung elementarer Art werden Gleichstrommaschine, Transformator, Wechselstromerzeuger, Wechselstrommotoren, Umformer, Stromrichter und die wichtigsten Meßgeräte behandelt. Die Darstellung baut auf Versuchsbeschreibungen auf und begnügt sich in der Regel mit der Wiedergabe der Ergebnisse und Feststellung von Tatsachen.] *Fr. M.*

Berichtigung.

In unserem Aufsatz „Die Berücksichtigung der Korrosionseinflüsse beim Bau elektrischer Leuchten" in der ETZ 60 (1939) H. 40 ist uns auf S. 1154, rechte Spalte, 8. bis 16. Zeile, ein Irrtum unterlaufen. Die Verwendung von Eloxalblechen, also von Aluminium für Arbeitsplatzleuchten bzw. Werkraumleuchten, ist in Deutschland seit dem 24. 10. 1938 verboten.

W. Pancritius und W. A. Seelig.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Stadtrat Joh. Engel, Berlin C 2, Klosterstr. 71-72.
OberIng. Dipl.-Ing. W. Haßler, Mannheim, Richard-Wagner-Str. 65.
Dr.-Ing. M. Skalicky, Graz, Keesgasse 4.
Dipl.-Ing. G. Zimmermann VDE, Berlin-Friedenau, Varziner Str. 10.

Abschluß des Heftes: 13. Oktober 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 26. Oktober 1939 | Heft 43

Möglichkeiten und Grenzen im Aufbau und Betrieb von Hochfrequenz-Fernmeldeeinrichtungen in den Versorgungsnetzen der Elektrizitätswerke.

Von Bernhard Koske VDE, Berlin.

DK 621.398.029.5 : 621.311

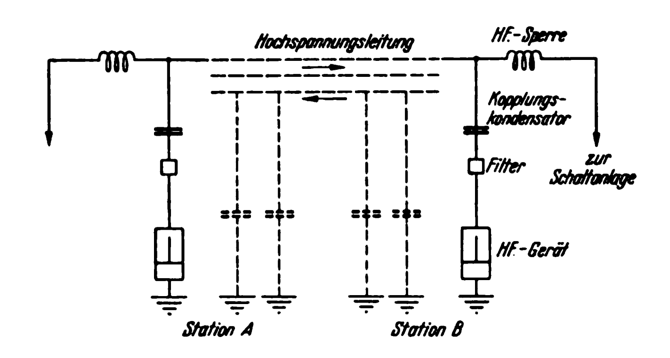
Übersicht. Nachstehende Ausführungen geben zunächst einen Überblick über die bisherige Entwicklung im Aufbau und Betrieb von Hochfrequenz-Fernmeldeeinrichtungen in den Versorgungsnetzen der Elektrizitätswerke, wobei auf die besonderen Schwierigkeiten, die der Weiterentwicklung bestehender H. F.-Fernmeldenetze entgegenstehen, hingewiesen wird. Anschließend daran wird über Maßnahmen gesprochen, die geeignet erscheinen, die Schwierigkeiten, wenn auch nicht zu beseitigen, so doch weitgehend zu lindern.

1. Grundsätzliches über die Einführung des H. F.-Nachrichtenverkehrs über Hochspannungsleitungen.

Bis vor etwa 17 Jahren dienten neben den Fernmeldeeinrichtungen der Post meist noch EW-eigene Drahtfernmeldeanlagen im wesentlichen dem Sprechverkehr zwischen den einzelnen Betriebsstellen eines engeren Elektrizitätsversorgungsbezirkes. Später, als die Versorgungsnetze ständig an Ausdehnung zunahmen und damit die Betriebsführung weit auseinandergelegener Betriebsstellen zusammenschloß, gewann die Frage der Nachrichtenübermittlung über große Entfernungen immer größere Bedeutung. Neben einer hinreichend betriebssicheren fernmündlichen Verständigung mußten ferner Fernübertragungen von Meß- und Zählwerten, Meldungen und Steuerbefehlen, Regelbefehlen für Maschinen sowie Relaisstellungsmeldungen der schnellschaltenden Selektivschutzeinrichtungen möglich sein. Eine Erweiterung der bestehenden EW-eigenen Drahtfernmeldeanlagen kam hierfür meist nicht in Frage, weil bei größeren Entfernungen zwischen den einzelnen Kraft- und Umspannwerken im Hochspannungsnetz sehr bald die Grenze erreicht wird, wo es nicht mehr wirtschaftlich ist, besondere Fernmelde-Freileitungen zu verlegen, abgesehen davon, daß auch die Betriebssicherheit derartiger Fernmeldeeinrichtungen durch Witterungseinflüsse, insbesondere bei Gewitter, sehr gefährdet ist. Man benutzt deshalb die Hochspannungsleitungen selbst zur Übertragung von Nachrichten, wobei dem Hochspannungsstrom hochfrequente Trägerströme überlagert werden.

2. Entwicklung, Aufbau und Betrieb der Hochfrequenz-Fernmeldeeinrichtungen.

Die Entwicklung der H. F.-Fernmeldegeräte, die neben der Schaffung geeigneter Kopplungselemente — wie Filter, H. F.-Sperren, Kondensatoren — und deren Zusammenschaltung mit der Leitung die Grundlagen für den H. F.-Fernmeldeverkehr über Hochspannungsleitungen bilden (Abb. 1), scheint jetzt als Ergebnis der Arbeiten fast zweier Jahrzehnte zu einem vorläufigen Abschluß gekommen zu sein. Die wesentlichsten Anforderungen an das H. F.-Fernmeldegerät, die sich bereits frühzeitig ergeben haben und für die weitere Entwicklung bestimmend gewesen sind, sind eine dem Dämpfungsverlauf der Hochspannungsleitung entsprechende frequenzabhängige Verstärkung und eine hinreichend hohe Selektivität zur Trennung von benachbarten und fremden Sendefrequenzen bei gleichzeitiger Erzielung einer guten Sprachgüte. Die Erfüllung dieser Grundforderungen machte jedoch anfänglich die Herstellung einer ständig steigenden Anzahl H. F.-Geräte verschiedener Bauart notwendig, wovon beispielsweise eine der älteren Ausführungsformen in Abb. 2 dargestellt ist. Es war üblich, den Sendeverstärker dieser Geräte entsprechend den damaligen geltenden be-



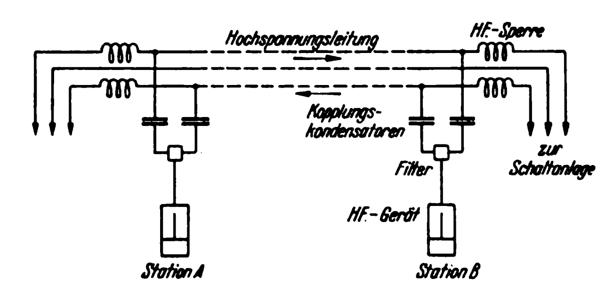


Bild oben: Einphasenkopplung
Bild unten: Zwischenphasenkopplung
Die Pfeile deuten den Weg des H. F.-Energieflusses

Abb. 1. Ankopplung der H.F.-Geräte an die Hochspannungsleitung.

Digitized by Google

hördlichen Bestimmungen so zu bemessen, daß er die Dämpfung einer bestimmten Leitungslänge, etwa bis zu 3,5 Neper, jeweils aufhebt. Mit einer so geringen Verstärkerleistung konnten naturgemäß die zu überbrückenden Leitungslängen zwischen zwei oder gar mehreren H. F.-Stationen, besonders bei zusätzlich auftretender Leitungsdämpfung, verursacht durch Nebel, Regen oder Rauhreif, nicht sehr groß sein. Infolgedessen war es notwendig, die zu errichtenden H. F.-Netze entsprechend ihrer

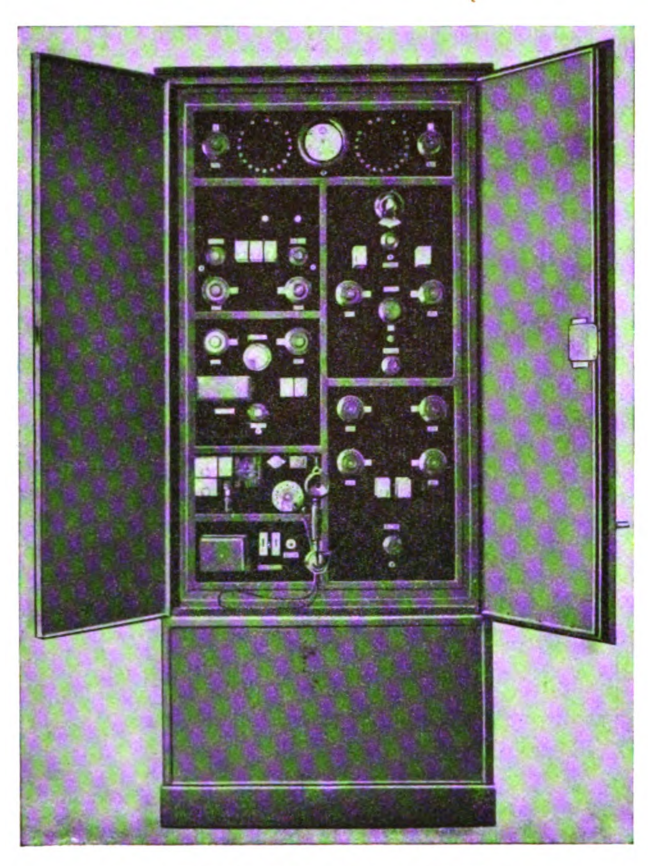


Abb. 2. H. F.-Fernsprechstation aus dem Jahr 1926.

Größe in verschiedene Sprechbezirke aufzuteilen. Bei reinen H. F.-Fernsprechanlagen wurden meist zwei, z. T. auch drei H. F.-Stationen zu einem Sprechbezirk zusammengefaßt. Der häufiger vorkommende Fall ist der Sprechverkehr zwischen zwei Endstationen, wobei jeder Sender mit fest zugeordneter Frequenz auf den entsprechenden Empfänger der Gegenstation abgestimmt ist (Abb. 3). Die Zusammenschaltung von mehr als zwei

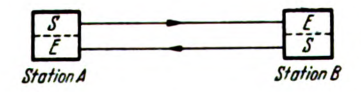


Abb. 3. H. F.-Sprechverkehr zwischen zwei Endstationen.

Stationen erfolgte über eine Zentralstation, so daß von dieser aus auf eine Frequenz nach einer oder mehreren Unterstationen gesprochen werden kann, während die Unterstationen nur mit der Zentralstation, aber nicht untereinander auf der Gegenfrequenz sprechen können (Abb. 4).

Diese Art der Unterteilung in verschiedene Sprechbezirke, wofür je zwei Trägerfrequenzen benötigt werden, mußte in Anbetracht der ständig fortschreitenden Entwicklung der H. F.-Fernmeldenetze und der sehr beschränkten Anzahl hierfür zur Verfügung stehenden Frequenzen früher oder später zu einer Frequenzverknappung führen.

Weiterhin wurden die elektrischen Kreise des Übertragungsweges bei den älteren H. F.-Geräten auf die Trägerfrequenz abgestimmt, um die nötige Selektivität zu erreichen. In der Abstimmung auf die Trägerfrequenz liegt aber im Gegensatz zur Bandfilterabstimmung, wie es bei den neueren H. F.-Geräten der Fall ist, die Gefahr, daß die Seitenbandfrequenzen z. T. weggeschnitten werden und damit gerade die wichtigen höheren Sprachfrequenzen verlorengehen (Abb. 5). Besonders kritisch ist die Frequenzbandbeschneidung, wenn sie mehrmals im Zuge einer Sprechverbindung eintritt. Dies ist stets dann der Fall, wenn mehrere Relaisstationen im Zuge der Verbindung liegen, wobei nacheinander mehrere Trägerfrequenzen mit den Sprechströmen moduliert und wieder demoduliert werden[1]). Um diesen Nachteil zu vermeiden, durfte die Selektivität nicht über eine gewisse Grenze hinaus erhöht werden, selbst auf die Gefahr hin, daß dadurch die Seitenbandfrequenzen entsprechend breiter werden und deshalb ein größerer Abstand zwischen zwei benachbarten Trägerfrequenzen eingehalten werden muß, um eine gegenseitige Beeinflussung zu verhindern, was jedoch ebenfalls in hohem Maße zur Frequenzverknappung beitrug.

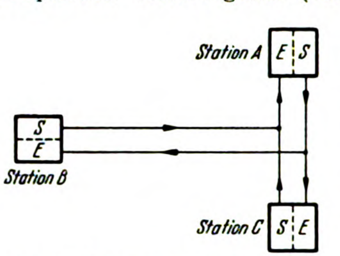
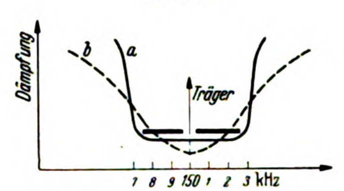


Abb. 4. H. F.-Sprechverkehr zwischen zwei Endstationen und einer Zentralstation.



a Abstimmungskurve bei älteren Geräten
b Abstimmungskurve bei neueren Geräten

Abb. 5. Abstimmungsarten der elektrischen Kreise des H.F.-Übertragungsweges.

Wesentlich günstigere Betriebseigenschaften besitzen die neueren H. F.-Geräte (Abb. 6). Diese sind elektrisch und konstruktiv so weit durchgebildet, daß sie allen übertragungstechnischen Anforderungen genügen. So z. B. sind neben der verstärkten Senderleistung, die entsprechend den neueren behördlichen Bestimmungen einer Reichweite bis zu etwa 7 Neper entspricht, als besonders betriebswichtige Bestandteile der Geräte zu nennen:

1. die selbsttätige Pegelregelung;
   sie bezweckt, daß am Eingang des Empfangsverstärkers, unabhängig von Schwankungen der Leitungsdämpfung, stets die gleiche Hochfrequenzträgerspannung herrscht, wodurch die Betriebssicherheit insbesondere von Weitsprechverbindungen wesentlich erhöht wird.

2. die Bandfilterabstimmelemente;
   diese erfüllen einerseits die Forderung eines genügend breiten Frequenz-Durchlaßbereiches und damit die Verbesserung der Gesprächsgüte, anderseits die hinreichend hoher Selektivität, welche es gestattet, benachbarte Trägerfrequenzen weit enger aneinanderzulegen, als es bei der bisherigen Abstimmung auf den Träger der Fall war.

3. der Wellenwechsel;
   dieser ermöglicht es, in einem H. F.-Sprechbezirk mit mehr als zwei H. F.-Stationen jeweils eine Verbindung zwischen zwei beliebigen Teilnehmern herzustellen (Abb. 7).

---

[1]) Wolmann: „Fortschritte der Hochfrequenz-Nachrichtenübermittlung in Starkstromnetzen." VDE-Fachber. 7 (1935) S. 146.

Digitized by Google

Das gleiche gilt auch, wenn mehrere Sprechbezirke über Relaisstationen mit selbsttätig arbeitenden Vierdraht-Durchwahlen in den Stoßstellen der einzelnen Sprechbezirksnetze zusammengeschaltet sind, so daß nicht nur eine Verbindung zwischen zwei Teilnehmern

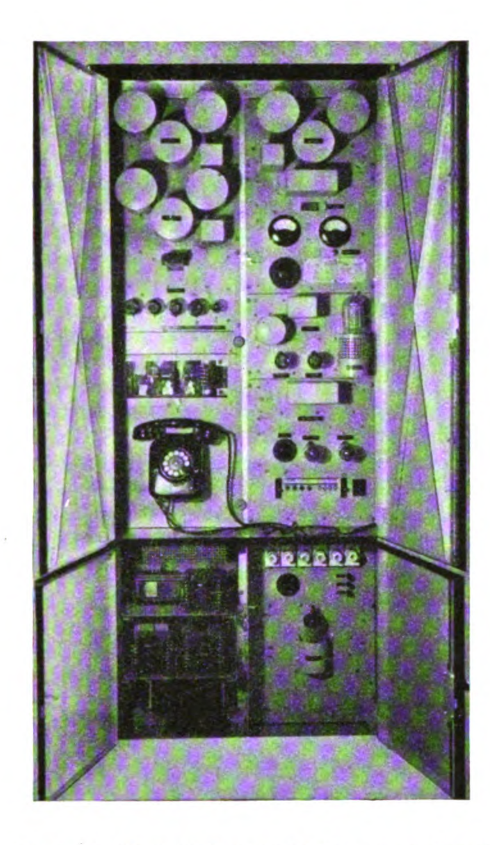


Abb. 6. Hochfrequenz-Fernsprechstation neuerer Bauart.

getrennter Bezirke hergestellt werden kann, sondern es besteht überdies die Möglichkeit, mehrere Gespräche innerhalb der einzelnen Sprechbezirke gleichzeitig zu führen. Abb. 8.

Weiterhin sind durch Vereinfachungen weitgehend Rücksichten auf wirtschaftliche Gesichtspunkte genommen worden. Insbesondere ist eine zweckmäßige Vereinheitlichung der H. F.-Fernmeldegeräte sowie Übergang von Batterie- auf Vollnetzbetrieb erfolgt. Alle weiteren heute geltenden Bedingungen sind im Laufe der Entwicklung bei Vervollkommnung der elektrischen Übertragungswege entstanden. Der Aufbau von H. F.-Fernmeldeeinrichtungen bei ausschließlicher Verwendung neuzeitlicher H. F.-Geräte entspricht somit in seiner heutigen klaren Gliederung den Voraussetzungen, die für eine störungsfreie Betriebsabwicklung gemacht werden müssen.

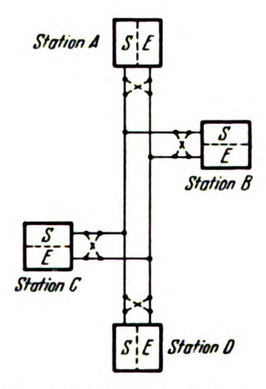


Abb. 7. Wellenwechselverkehr.

Trotzdem nun die technische Durchbildung dieser Geräte und die Betriebssicherheit einen Grad erreicht haben, der wohl kaum mehr zu übertreffen ist, so schließt das nicht aus, die zu errichtenden H. F.-Netze entsprechend ihrer Größe ebenfalls in verschiedene Sprechbezirke aufzuteilen. Die hierfür vorliegenden Gründe sind im wesentlichen folgende:

a. Energieverhältnisse. Die Unterteilung in mehrere Sprechbezirke ist notwendig, wenn die Leitungsdämpfung zwischen den zu verbindenden Stationen dauernd oder zeitweise größer als die Reichweite der H. F.-Anlagen ist, und wird meist schon mit Rücksicht auf den Störpegel anwendbare Empfangsverstärkung geboten sein.

b. Gesprächshäufigkeit. Der zweite zwingende Grund zur Unterteilung von H. F.-Verbindungen oder die Errichtung von Parallelverbindungen mit neuen H. F.-Übertragungskanälen liegt dann vor, wenn die abzuwickelnden Gesprächsverbindungen die Leistungsfähigkeit des Verbindungsweges ihrer Zahl und Dauer nach überschreiten.

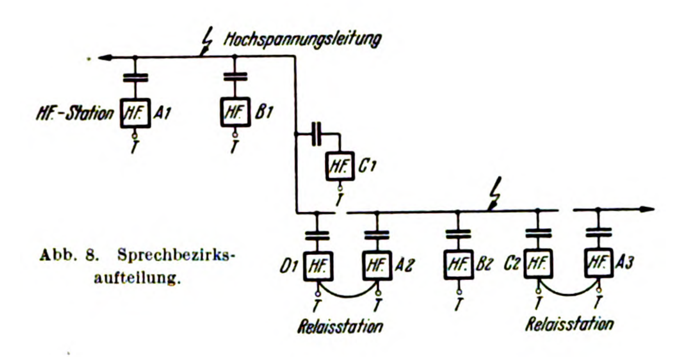


Abb. 8. Sprechbezirksaufteilung.

Wenn auch die Unterteilung neu zu errichtender H. F.-Netze in verschiedene Sprechbezirke nicht annähernd in dem Umfange notwendig ist, wie es bisher meist der Fall war, so sind auch hier der Weiterentwicklung der H. F.-Fernmeldenetze entsprechend der in folgenden Ausführungen näher begründeten Frequenzknappheit sehr enge Grenzen gezogen.

3. Frequenzbereich und Frequenzverteilung im H. F.-Netz.

Für den H. F.-Fernmeldeverkehr über Hochspannungsleitungen steht das verhältnismäßig sehr eng begrenzte Frequenzband von 50 bis 300 kHz zur Verfügung. Davon wird mit Rücksicht auf die günstigeren technischen Eigenschaften und die geringere Wahrscheinlichkeit für die gegenseitige Beeinflussung mit raumstrahlenden Sendestellen des öffentlichen Nachrichtendienstes das Frequenzband zwischen 50 bis 180 kHz bevorzugt. Der Frequenzbereich zwischen 180 und 200 kHz ist mit Rücksicht auf den Betrieb des Deutschlandsenders gesperrt. Das weiter oberhalb liegende Frequenzband, also das zwischen 200 und 300 kHz, ist insbesondere wegen der zu erwartenden stark anwachsenden Leitungsdämpfung nur in Sonderfällen verwendbar. Ebensowenig ist auch das Frequenzband unterhalb 50 kHz zu verwenden, da in diesem Teil die Betriebsfrequenzen der meisten Sendestellen des öffentlichen Nachrichtendienstes dicht nebeneinander eingeordnet sind. In beiden Richtungen also stehen der Erweiterung des Frequenzbereiches erhebliche Schwierigkeiten entgegen.

Bei planmäßiger Durchführung der Frequenzverteilung im H. F.-Netz können im Frequenzbereich zwischen 50 und 180 kHz bestenfalls 24 Trägerfrequenzen eingeordnet werden (Abb. 9). Das entspricht dem Aufbau eines H. F.-Netzes in 12 unterteilten Sprechbezirken, vorausgesetzt, daß hierfür nur H. F.-Geräte neuerer Bauart Verwendung finden, die entsprechend der Eigenart der Bandfilterabstimmung eine Frequenzbandbreite von ± 2,5 kHz, also insgesamt 5 kHz, belegen. Noch weit weniger Träger-

Digitized by Google

frequenzen können im gleichen Frequenzbereich untergebracht werden, wenn es sich um bestehende H. F.-Netze handelt, in denen neben H. F.-Geräten neuerer Bauart auch noch solche älterer Bauart eingesetzt sind, da, wie bereits an vorhergehender Stelle erwähnt, bei letztgenannten Geräten die elektrischen Kreise des Übertragungsweges auf den Träger abgestimmt werden und deshalb ein größerer Abstand zwischen den benachbarten Frequenzen eingehalten werden muß. Diese aus der Vielzahl von H. F.-Geräten verschiedener Bauart sich ergebenden Schwierigkeiten im Aufbau und Betrieb der H. F.-Netze konnten jedoch noch hingenommen werden, solange die Ausnutzung der H. F.-Fernmeldenetze sich in einfachen Formen vollzog. Später jedoch, als diese entsprechend der fortschreitenden Entwicklung der Elektrizitätsversorgung erweitert wurden, war es notwendig, des öfteren Umgruppierungen der H. F.-Geräte im Netz vorzunehmen, um die jeweils neu hinzukommenden Geräte zweckentsprechend einsetzen zu können. Hierbei war es jedoch meist nicht möglich, die für die mannigfaltigen Aufgaben der Hochfrequenzübertragung benötigten H. F.-Kanäle so in das verfügbare Frequenzband einzuordnen, wie es nach dem in Abb. 9 dargestellten Frequenzverteilungsschema hätte eigentlich sein müssen. Die Trägerfrequenzen gerieten dabei meist stark durcheinander (Abb. 10). Nicht nur, daß dadurch die Einordnung weiterer benötigter Frequenzen sehr erschwert wird, sondern es ist auch meist nicht mehr möglich, das für eine H. F.-Verbindung bestimmte Frequenzpaar in einem zweckentsprechenden Abstand voneinander innerhalb des fraglichen Frequenzbandes unterzubringen. Es mußten also grundlegende Änderungen im Aufbau und Betrieb der H. F.-Fernmeldenetze vorgenommen werden, um der Gefahr einer frühzeitigen Begrenzung der Entwicklung in der Ausgestaltung der H. F.-Netze zu begegnen.

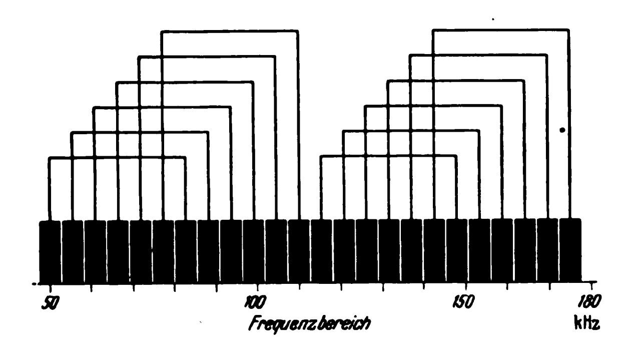


Abb. 9. Planmäßige Frequenzverteilung im H. F.-Netz.

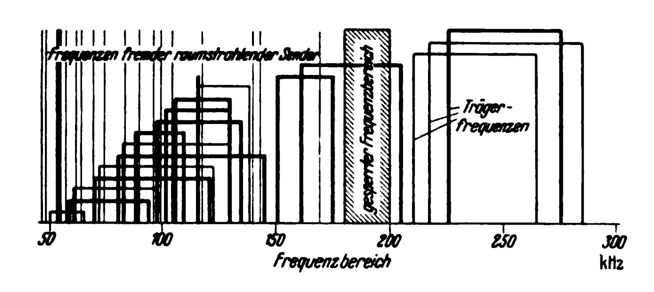


Abb. 10. Unzweckmäßig verteilte Trägerfrequenzen.

4. Maßnahmen zur Bereitstellung von H. F.-Übertragungskanälen.

Um das zur Verfügung stehende Frequenzband besser auszunutzen, können im wesentlichen folgende Wege beschritten werden[2], [3]):

A. Einbau neuzeitlicher H. F.-Geräte an Stelle der z. T. veralteten.

Die meisten H. F.-Geräte der in den Jahren 1922 bis etwa 1926 erstellten H. F.-Netze entsprechen infolge ihrer unzulänglichen Leistungs- und Anpassungsfähigkeit nicht mehr den neuzeitlichen Anforderungen und können daher mit den im Laufe der späteren Jahre hinzugekommenen neueren Geräten zusammen nicht in jeder H. F.-Verbindung verwendet werden. Das erstrebte Ziel, möglichst viele H. F.-Übertragungskanäle für neu zu errichtende H. F.-Verbindungen freizubekommen, kann also — wenn auch nur annähernd — dadurch erreicht werden, daß entweder überaltete H. F.-Netze vollständig neu ausgebaut werden oder, wenn diese Maßnahme aus betriebstechnischen oder wirtschaftlichen Gründen undurchführbar ist, der Einbau mehrerer H. F.-Geräte an Stelle der älteren zeitig auf ein solches Maß begrenzt wird, das den jeweils gegebenen Betriebserfordernissen entspricht. Dabei müssen die bisher verwendeten und oft durcheinander geratenen Frequenzen planmäßig neu geordnet werden.

B. Mehrfachausnutzung von H. F.-Kanälen.

Die Möglichkeit des Wiedereinsatzes der gleichen Trägerfrequenz ist gegeben, wenn

a. in einem durchgeschalteten H. F.-Netz Verbindungen über Leitungen verschiedener Betriebsspannung bestehen. Die zur Unterteilung der Hochspannungsnetze verwendeten Umspanner mit getrennten Wicklungen haben in der Regel eine sehr hohe H. F.-Durchgangsdämpfung, so daß eine gegenseitige Beeinflussung gleicher oder benachbarter Trägerfrequenzen meist nicht zu befürchten ist, besonders wenn man dafür sorgen kann, daß Sender und Empfänger der gleichen Frequenz nicht unmittelbar an beiden Seiten des Umspanners aufgestellt werden, so daß zwischen ihnen noch eine Leitungsdämpfung bestimmter Größe liegt.

b. Auch durch den Einbau von H. F.-Sperren, und zwar nicht nur, wie bisher, in die für die Übertragung der H. F.-Energie bestimmten Leiter einer Hochspannungsleitung, sondern auch in alle übrigen Leiter der gleichen Leitung. Während der Einbau von H. F.-Sperren in den gekoppelten Leitern lediglich den Zweck hat, den H. F.-Fernmeldebetrieb von Schaltmaßnahmen innerhalb der Kraft- und Umspannwerke unabhängig zu machen, wobei ein erheblicher Anteil der H. F.-Energie ungehindert über die nicht gekoppelten Leiter in andere Netzteile übertritt, wird durch Sperrung der H. F.-Energie in allen Leitern eine sehr erhebliche Zusatzdämpfung erzielt. Der Wiedereinsatz gleicher oder eng benachbarter Frequenzen ist also auch hier möglich.

c. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch dort, wo es sich um H. F.-Verbindungen über Leitungen mit eingeschalteten Hochspannungs-Kabelstrecken handelt, weil hierbei die großen Verschiedenheiten der Wellenwiderstände von Freileitung und Kabel verschiedene H. F.-Durchlaßdämpfungen für die verschiedenen Hochfrequenzen haben.

---

[2]) Baranowsky: „Der Wellenmangel in der EW-Telephonie und Wege zu seiner Beseitigung." VDE-Fachber. 9 (1937) S. 179.
[3]) du Mont: „Entwicklungswege in der EW-Telephonie." Vortrag gehalten auf der WEV-Fernmeldetagung in Berlin, 22. 10. 1937.

Digitized by Google

d. Weiterhin sei noch auf die Möglichkeit einer Sperrung der Hochfrequenzen durch Einbau von Kuppelumspannern im Zuge größerer Leitungslängen ein und derselben Betriebsspannung hingewiesen. Dieses Mittel wird jedoch sowohl aus betriebstechnischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen meist nicht in Betracht kommen, es sei denn, daß die Aufstellung derartiger Umspanner als Netztrenner und Spannungsregler erforderlich ist.

Auf Grund der bisherigen Erfahrungen, die bei der praktischen Durchführung der bisher besprochenen Maßnahmen gemacht worden sind, kann gesagt werden, daß auf diesem Wege zwar eine Linderung des bestehenden Frequenzmangels für eine gewisse Zeit erreicht werden kann, eine Beseitigung jedoch erscheint in Anbetracht der in gesteigertem Maße besonders für H. F.-Fernwirkanlagen benötigten H. F.-Übertragungskanäle aussichtslos. Es müssen deshalb also andere Maßnahmen getroffen werden, um die hierfür erforderlichen Trägerfrequenzen freizubekommen.

C. Einbau von H. F.-Zwischenverstärkern.

Zur Aufrechterhaltung der bisherigen Betriebssicherheit und zur Vermeidung vieler Sprechbezirkunterteilungen kann nun ein vor nicht sehr langer Zeit neu geschaffenes Bauelement, der H. F.-Zwischenverstärker mit

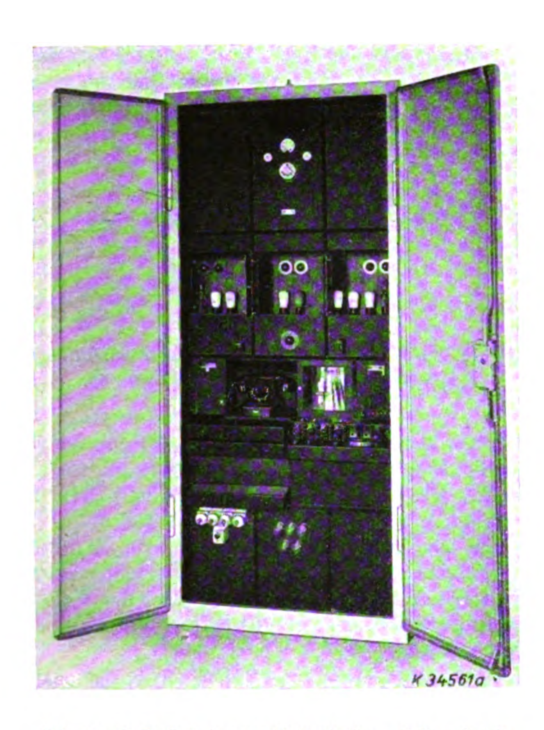


Abb. 11. H. F.-Zwischenverstärkerstation mit Sprechstelle.

Sprechstelle, verwendet werden (Abb. 11). Dieser Verstärker ist für den Linienverkehr bestimmt und unterscheidet sich in der Verkehrsart von der sonst üblichen hauptsächlich dadurch, daß die Trägerfrequenzen, auch wenn keine Gesprächsverbindung hergestellt ist, ausgesendet bzw. verstärkt werden. Die zu einem Sprechbezirk im Linienverkehr zusammengefaßten Stationen müssen jedoch im Zuge einer durchgehenden Leitung, also nicht etwa am Ende von Stichleitungen, liegen. Den grundsätzlichen Aufbau einer H. F.-Fernsprechverbindung bei Verwendung einer Zwischenverstärkerstation zeigt Abb. 12. Zwei Endstationen *A* und *B* normaler Bauform sind dargestellt, die über zwei Hochspannungsteilstrecken und miteinander in Verkehr treten sollen. An den Stoßstellen der beiden Leitungen befinden sich nicht, wie bisher üblich, zwei normale H. F.-Geräte (Relaisstation), sondern eine H. F.-Verstärkerstation. Die von den beiden Außenstationen dauernd ausgesendeten Trägerfrequenzen werden in beiden Richtungen verstärkt. Ist zwischen den beiden Stationen *A* und *B* eine Gesprächsverbindung hergestellt, so kann trotzdem der Verstärker eingeschaltet werden und der Teilnehmer dieser Station gleichberechtigt in das Gespräch eintreten. In gleicher Weise kann auch der Teilnehmer der Verstärkerstation von sich aus die Teilnehmer der Außenstationen oder weitere Verstärkerstationen erreichen und umgekehrt. Ebenso kann auch eine Außenstation, wenn zwischen irgendwelchen Stationen des Liniensprechbezirkes gesprochen wird, in das Gespräch eintreten bzw. die sprechenden Teilnehmer ver-

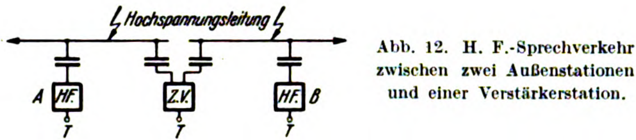


Abb. 12. H. F.-Sprechverkehr zwischen zwei Außenstationen und einer Verstärkerstation.

anlassen, ihr Gespräch zugunsten eines wichtigeren zu unterbrechen. Dieser Vorteil des Linienverkehrs ist besonders wichtig und trägt, wie es die Praxis bisher gezeigt hat, dazu bei, einerseits Frequenzen für neue Verbindungen freizumachen und anderseits die Betriebssicherheit der H. F.-Fernmeldeanlagen auf ein bisher noch nicht erreichtes Maß zu heben.

Für die weitere Entwicklung des EW-Fernmeldewesens in der Zukunft dürften jedoch andere Mittel wie die Einseitenbandübertragung und unter besonderen Voraussetzungen auch die Verwendung eines als Erdseil verlegten Breitbandkabels von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Zusammenfassung.

Die Entwicklung der EW-eigenen Hochfrequenz-Fernmeldeeinrichtungen, besonders in den ausgedehnten Landesversorgungsnetzen, wird durch den ständig wachsenden Frequenzmangel derart beeinträchtigt, daß es unter den gegebenen Verhältnissen kaum mehr möglich ist, die benötigte Anzahl von H. F.-Übertragungskanälen innerhalb des für EW-Fernmeldezwecke zur Verfügung stehenden begrenzten Frequenzbandes unterzubringen. Im Hinblick darauf, welche Bedeutung dieser Erscheinung für die Aufrechterhaltung eines gesicherten H. F.-Fernmeldebetriebes beizumessen ist, sind die Gründe des Frequenzmangels angeführt und die hauptsächlichen Schwierigkeiten gezeigt, die dem Beseitigen des Frequenzmangels entgegenstehen. Maßnahmen zur Beseitigung bzw. Linderung des bestehenden Frequenzmangels sind der Einbau von H. F.-Zwischenverstärkern, Geräte mit Einseitenbandübertragung und unter besonderen Voraussetzungen die Verwendung eines als Erdseil verlegten Breitbandkabels.

Digitized by Google

Freie Ausbiegung beliebig geformter Bimetallstreifen.

Von **Wilhelm Laig-Hörstebrock** VDE, Eichwalde (Kreis Teltow).

DK 621.315.554

Übersicht. Für die freie Ausbiegung gerader und kreisförmig gebogener Bimetallstreifen mit konstanter Temperaturverteilung werden Gleichungen entwickelt und die daraus sich ergebenden Lösungen zur zeichnerischen Ermittlung der Ausbiegung von beliebig geformten Bimetallstreifen besprochen. Darauf werden Näherungsverfahren für die Bestimmung der Ausbiegung von beliebig geformten Streifen mit beliebiger Temperaturverteilung ermittelt. Zum Schluß werden Formeln besprochen für die rechnerische Bestimmung der Temperaturverteilung längs einer einfachen, geraden Streifenanordnung.

Die in der Elektrotechnik verwendeten Bimetalle lassen sich in zwei Gruppen zusammenfassen: Die direkt und die indirekt beheizten Streifen. Während im ersten Falle der Heizstrom die zur Ausbiegung erforderliche Temperatur im Streifen selbst erzeugt, wird im zweiten Falle die Wärme von einer besonderen Heizquelle aus übertragen. Für die Durchbiegung ist die Art der Erwärmung ohne Bedeutung, denn gleiche Temperatur bedingt gleiche Krümmung. Für die Berechnung der Erwärmung aber ist der direkt beheizte Streifen einfacher zu behandeln, da hier kein besonderer Wärmeerzeuger, der in den meisten Fällen der mathematischen Behandlung nur schwer zugänglich ist, vorhanden ist. Es soll im folgenden zunächst angenommen werden, daß die Streifentemperatur durch Messung oder Rechnung bekannt ist. Dann soll die hierzu gehörige Ausbiegung bestimmt werden.

Ausbiegung von Bimetalstreifen mit konstanter Temperaturverteilung.

Für die freie Ausbiegung eines geraden und schmalen Bimetallstreifens mit konstantem Temperaturverlauf findet man im Schrifttum die Formel

$$f_1 = \frac{k\,\tau}{100^2\,s}\,l^2. \qquad (1)$$

Hierin bedeuten:

f_1 die Ausbiegung des Streifens am freien Ende in mm,

k die Materialkonstante in 1/° C,

τ die Temperaturdifferenz, für die die Ausbiegung bestimmt werden soll in ° C,

s die Stärke des Streifens in Biegerichtung in mm und

l die Länge des Streifens in mm.

Die Ausbiegung wird dadurch hervorgerufen, daß zwei miteinander fest verbundene Metalle verschiedener spezifischer Wärmeausdehnung sich bei der Erwärmung verschieden stark dehnen und dadurch ein Biegemoment zur Folge haben, das mit der Temperatur wächst. Ist letztere überall konstant und hat der Streifen außerdem auf seiner ganzen Länge die gleiche Querschnittsform, so ist das Biegemoment ebenfalls auf der ganzen Länge konstant. Der formelmäßige Wert hierfür läßt sich durch Vergleich mit dem aus der Gleichung für die elastische Linie

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = -\frac{M}{E J} \qquad (2)$$

gewonnenen Ausdruck finden.

Hierin sind:

M das Biegemoment in kgmm,

E der Elastizitätsmodul in kg/mm²

$J = \frac{s^3 b}{12}$ das Flächenträgheitsmoment,

b die Breite des Streifens quer zur Ausbiegerichtung in mm.

Nach der Integration der Gl. (2) und nach Einsetzen der Grenzen 0 und x bzw. 0 und l erhält man den Ausdruck

$$f = -\frac{6\,M\,l^2}{E\,b\,s^3}.$$

Daraus folgt für das Biegemoment, wenn man diesen Wert mit Gl. (1) vergleicht:

$$M = -\frac{k}{6 \cdot 100^2}\,E\,b\,s^2\,\tau.$$

Bei allen diesen Rechnungen muß allerdings beachtet werden, daß die Materialkonstante k nur für den unteren Bereich der Temperatur konstant ist und bei hohen Temperaturen abnimmt, weshalb die lineare Verknüpfung von Temperatur, Biegemoment und Ausbiegung nur bis ungefähr 200 ° C gilt. Bis zu diesen Temperaturen aber ist die Abweichung vom linearen Verlauf bei der Mehrzahl der Fabrikate vernachlässigbar klein. Zudem darf nicht vergessen werden, daß die Gleichung für die elastische Linie nur Näherungswerte liefert, die um so genauer sind, je kleiner die Ausbiegung ist.

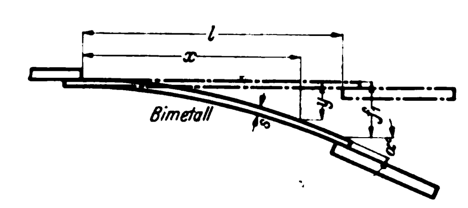


Abb. 1. Freie Ausbiegung eines geraden Bimetallstreifens bei Erwärmung auf konstante Temperatur.

Da jedes Teilchen bei der gleichmäßigen Erwärmung das gleiche Biegemoment erfährt, so muß auch überall die gleiche Krümmung erzeugt werden. Der Streifen nimmt daher kreisförmige Gestalt an (Abb. 1).

Ist bei der Ausbiegung ein äußeres Hindernis zu überwinden, das am beweglichen Streifenende angreift, so stellt sich eine Kraft P ein, die sich aus der Federung f_P ergibt und genau so zu berechnen ist, wie beim einseitig belasteten Balken.

$$f_P = \frac{4\,l^3\,P}{E\,b\,s^3}.$$

Die teilweise verhinderte Ausbiegung f_2 ergibt sich demnach als Differenz aus freier Ausbiegung und Ausbiegung unter dem Einfluß der Kraft P, so daß die Beziehung hierfür lautet

$$f_2 = \frac{k}{100^2}\,\frac{\tau}{s}\,l^2 - \frac{4\,l^3\,P}{E\,b\,s^3}.$$

Trägt der Streifen eine Verlängerung aus anderem Werkstoff, so kann man den Weg, den dieses Stück bei der Ausbiegung zurücklegt, zeichnerisch ermitteln (Abb. 1). Man berechnet die Ausbiegung des Streifens und trägt in dem Winkel, den die Tangente an das Streifenende mit der Lage vor der Erwärmung bildet, das betreffende Stück an. Der Winkel α am Streifenende berechnet sich aus Gl. (2) nach einmaliger Integration und nach Einsetzen der Grenzen 0 und l sowie der Werte für das Biege-

Digitized by Google

moment M und das Trägheitsmoment J. Die Ausführung der Rechnung ergibt

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{2}{100^2} \frac{k}{s} l \tau = \frac{2 f_1}{l}. \quad (3)$$

In ähnlicher Weise wie beim geraden Streifen läßt sich die Ausbiegung für kreisförmig gebogene Bimetalle berechnen. Bei ersteren hat man eine Ausbiegung senkrecht zur Ausgangslage und damit eine feststehende Ausbiegerichtung. Beim gebogenen Streifen dagegen wandert der Endpunkt auf einer beliebigen Kurve, so daß man gewöhnlich nur zeichnerisch den Ausbiegeweg festlegen kann. Ist der Streifen schon im kalten Zustande kreisförmig, so wird er bei der Erwärmung ebenfalls kreisförmig bleiben. Es muß sich also bei Änderung der Temperatur der Radius verkleinern oder vergrößern, je nachdem, ob die Biegung nach innen oder außen in bezug auf den Kreis gerichtet ist. Diese Richtung wird bei der Rechnung durch das Vorzeichen des Biegemomentes berücksichtigt. Ist r_1 der Radius des Streifens im kalten Zustande und r_2 der Radius im warmen Zustande, so gilt

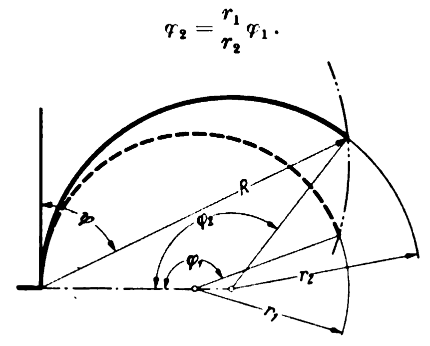
$$\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} = \frac{M}{E J}.$$

Nach Einsetzen der Werte für J und M und nach Elimination von r_2 erhält man eine Formel, die auch für große Ausbiegewege noch richtig ist

$$r_2 = \frac{r_1 s}{s \pm \frac{2 k}{100^2} r_1 \tau}. \quad (4)$$

Füllt der Streifen nur einen Teil des gesamten Kreisumfanges aus und ist φ_1 der Zentriwinkel in kaltem und φ_2 der Zentriwinkel in warmem Zustande in bezug auf die zugehörigen Mittelpunkte (Abb. 2), so wird

$$\varphi_2 = \frac{r_1}{r_2} \varphi_1.$$



r_1, r_2 Radius des Streifens im kalten bzw. warmen Zustande
φ_1, φ_2 zu r_1 bzw. r_2 gehörige Zentriwinkel
R Radiusvektor zum Streifenendpunkt
ψ zu R gehöriger Winkel

Abb. 2. Freie Ausbiegung eines kreisförmigen Bimetallstreifens bei Erwärmung auf konstante Temperatur.

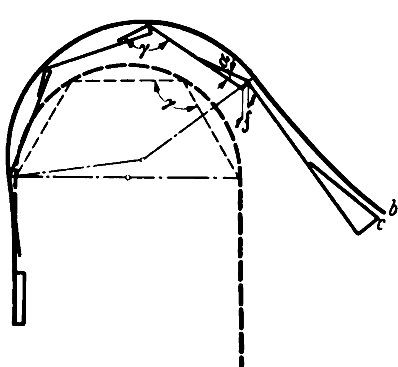
Dabei hat sich das bewegliche Ende des Streifens auf einer Kurve bewegt, die durch die Gleichung

$$R = \frac{l \sin \psi}{\psi}$$

gegeben ist.

Mit etwas geringerer Genauigkeit, die aber für den praktischen Bedarf meistens genügend groß ist, kann man den gleichen Wert erhalten, wenn man sich den Bogen durch mehrere aneinander gereihte Sehnen ersetzt denkt, deren Ausbiegewege einzeln bestimmt werden, und die in der gleichen Weise wieder aneinander gesetzt werden. Der Winkel, der von zwei benachbarten Sehnen eingeschlossen wird, muß nach der Ausbiegung zwischen der Tangente an den Endpunkt der ersten Sehne und dem Anfang der zweiten Sehne wieder erscheinen. Es muß also für jede Ersatzgerade die Ausbiegung f nach Gl. (1) und der Winkel α nach Gl. (3) berechnet werden (Abb. 3).

Die in der Industrie entwickelten Bimetallstreifen sind von der verschiedenartigsten Form. Sie lassen sich aber immer durch Aneinanderreihen geradliniger und kreisförmiger Stücke ersetzen. Das oben erwähnte Verfahren kann also auf beliebige Streifenform ausgedehnt



γ Winkel zwischen zwei Ersatzgeraden
f Ausbiegung des freien Endes einer Ersatzgeraden
α Winkel zwischen Ausgangslage und Tangente an das ausgebogene Streifenende
a Endpunkt des Streifens in kaltem Zustande
b Endpunkt des Streifens nach der Erwärmung, ermittelt durch Aneinanderreihen der ausgebogenen geraden Stücke sowie des Kreisbogens
c Endpunkt des Streifens nach der Erwärmung, ermittelt durch Aneinanderreihen von vier geraden ausgebogenen Ersatzstücken

Abb. 3. Ausbiegung eines aus einem kreisbogenförmigen und zwei geraden Stücken zusammengesetzten Streifens.

werden. Wenn keine große Genauigkeit verlangt wird, empfiehlt es sich, nur gerade Stücke zu nehmen, da sich hier Ausbiegung und Ausbiegewinkel am beweglichen Ende sehr bequem ermitteln lassen. Die notwendige Rechenarbeit wird durch Verwendung von Nomogrammen, die für diesen Fall einfache logarithmische Leitertafeln sind, überhaupt ausgeschaltet, wodurch Fehler, die durch Rechnung entstehen können, weitgehend vermieden werden.

Ausbiegung von Bimetallstreifen mit beliebiger Temperaturverteilung.

Bei den bisher behandelten Streifen war der Temperaturverlauf über der ganzen Länge konstant, was einer Anordnung entsprechen würde, bei der die erzeugte Wärme nur an die sie umgebende Luft abgeführt würde. In Wirklichkeit sind die Streifen aber auf einer Unterlage befestigt und tragen außerdem in vielen Fällen Stromzuführungsbänder, durch die ein beträchtlicher Teil der erzeugten Wärme abgesogen wird. Daher hat die Temperatur nicht mehr auf der ganzen Länge den gleichen Wert, sondern nimmt nach den Stellen zu ab, an denen der Streifen befestigt ist. Da das Biegemoment, das die Krümmung hervorruft, von der Temperatur abhängt, kann aus einem geraden Streifen bei ungleichmäßiger Temperaturerhöhung keine Kreisbogenform entstehen. Die Gestalt jedoch, die nach der Erwärmung angenommen wird, läßt sich im Falle eines im kalten Zustande geraden Streifens durch zweimalige graphische Integration der Gleichung für die elastische Linie (2) ermitteln. Nach Einsetzen der Werte für M und J erhält man

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{2}{100^2} \frac{k}{s} \tau.$$

Die Ausführung der Integration ist aus Abb. 4 zu ersehen und erfolgt nach bekannten Verfahren. Es muß der Verlauf der Temperaturdifferenz zwischen warmem und kaltem Zustande bekannt sein. Der Polabstand wird so gewählt, daß nach der Integration der Temperaturkurve sich die erste Ableitung der Ausbiegekurve ergibt. Sind

β der Temperaturmaßstab (Anzahl der aufgetragenen Längeneinheiten für 1 °),

γ der Maßstab für die Streifenlänge,

δ der Maßstab für $\frac{dy}{dx}$ und

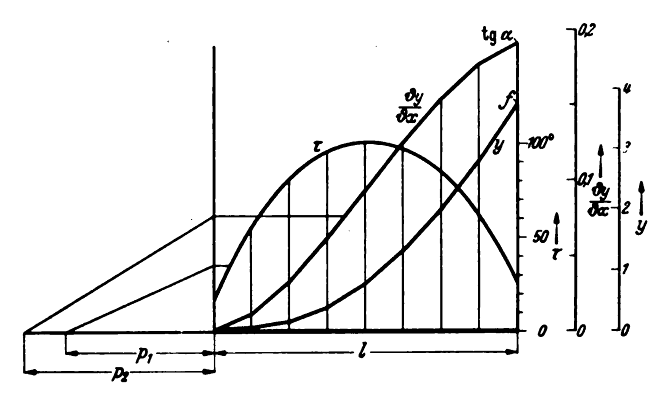
$A = \frac{2 k}{100^2 s}$,

Digitized by Google

so wird der Polabstand

$$p_1 = \frac{\beta\,\gamma}{\delta\,A}\,.$$

Der Wert $\operatorname{tg}\alpha$, der die gleiche Bedeutung wie früher hat, läßt sich dann als Endpunkt dieser Integrationskurve ablesen.



l Streifenlänge
τ Streifenübertemperatur
α Winkel zwischen Ausgangslage und Tangente an das ausgebogene Streifenende
f Ausbiegung des freien Endes
p_1 Polabstand für die Integration der Temperaturkurve
p_2 Polabstand für die Integration der $\mathrm{d}\,y/\mathrm{d}\,x$-Kurve

Abb. 4. Graphische Ermittlung der Ausbiegung eines geraden Streifens bei beliebiger Temperaturverteilung.

Für die zweite Integration, die die Ausbiegung ergibt, wird der Polabstand

$$p_2 = \frac{\gamma\,\delta}{\varepsilon}\,.$$

Hierin ist ε der Maßstab für die Ausbiegung.

Der Endpunkt der letzten Kurve gibt die Größe der Ausbiegung des beweglichen Streifenendes an.

Hat der Streifen beliebige Gestalt, so kann man ihn genau wie früher durch aneinandergereihte Geraden ersetzen und Ausbiegung sowie Tangentenwinkel für jedes einzelne Stück bestimmen. Dies würde aber großen Zeitaufwand erfordern und sich nur dann lohnen, wenn besondere Genauigkeit verlangt würde. Bequemer ist es, sich die Temperaturverteilung durch Aneinanderreihen geradliniger Stücke zu ersetzen. Die Ausbiegung eines Streifens mit geradlinigem Temperaturverlauf läßt sich sehr leicht berechnen. Ist τ_1 die Temperaturdifferenz am festen und τ_2 die Temperaturdifferenz am beweglichen Ende, so wird an einer beliebigen Stelle

$$\tau = \frac{(\tau_2 - \tau_1)\,x + \tau_1\,l}{l}\,.$$

Hiermit ergibt sich die Differentialgleichung zu

$$\frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}x^2} = \frac{2}{100^2}\,\frac{k}{s\,l}\left[(\tau_2 - \tau_1)\,x + \tau_1\,l\right].$$

Die Integration liefert

$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{k}{100^2}\,\frac{l}{s}\,(\tau_1 + \tau_2) \qquad (5)$$

$$f_3 = \frac{k}{100^2}\,\frac{l^2}{s}\,\frac{2\,\tau_1 + \tau_2}{3}\,. \qquad (6)$$

Ersetzt man den Temperaturverlauf beim geraden Streifen nicht durch eine gerade Linie, sondern durch eine Parabel zweiter Ordnung, so erhält man Gleichungen, die im Gebrauche etwas unhandlicher sind, die aber für manche Zwecke mit Vorteil verwendet werden können. Ist τ_1 die Temperaturdifferenz am festen und τ_2 die Temperaturdifferenz am beweglichen Streifenende sowie τ_m die maximale Temperaturdifferenz, so erhält man

$$\tau = \left(\sqrt{\tau_m - \tau_1} + \sqrt{\tau_m - \tau_2}\right)^2 \frac{x^2}{l^2} + 2\left[\tau_m - \tau_1 + \sqrt{(\tau_m - \tau_1)\,(\tau_m - \tau_2)}\right]\frac{x}{l} + \tau_1$$

und daraus nach Einsetzen in die Gleichung für die elastische Linie und nach Ausführung der Integration

$$\operatorname{tg}\alpha_4 = \frac{2}{3\cdot 100^2}\,\frac{k}{s}\,l\left[\tau_1 + \tau_2 + \tau_m + \sqrt{(\tau_m - \tau_1)\,(\tau_m - \tau_2)}\right]$$

$$f_4 = \frac{1}{6\cdot 100^2}\,\frac{k}{s}\,l^2\left[3\,\tau_1 + \tau_2 + 2\,\tau_m + 2\sqrt{(\tau_m - \tau_1)\,(\tau_m - \tau_2)}\right].$$

Diese Gleichungen eignen sich gut für die Ermittlung der maximalen Übertemperatur aus der Ausbiegung, wenn die Übertemperaturen τ_1 und τ_2 für die Messung zugänglich sind. Die Kenntnis der maximalen Streifentemperatur ist insofern von Wichtigkeit, als von ihr die Größe der Beanspruchung abhängt, die einen zulässigen Wert nicht übersteigen darf, ohne daß der Streifen Schaden leidet.

Der Vollständigkeit halber soll noch kurz auf die rechnerische Ermittlung der Ausbiegung eines kreisbogenförmigen Streifens mit geradliniger Temperaturverteilung eingegangen werden. Es sei φ_1 der Zentriwinkel des Ausgangskreises und φ_2 der Zentriwinkel nach der Ausbiegung vom gleichen Punkte aus gemessen. r sei der Radius des Ausgangskreises sowie τ_1 die Temperaturdifferenz zwischen kaltem und warmem Zustande des festen und τ_2 die Temperaturdifferenz des beweglichen Endes. k und s sollen ihre frühere Bedeutung beibehalten. Der Winkel φ_2 ist dann aus der Bestimmungsgleichung

$$\varphi_1 = \varphi_2 \pm \frac{2}{100^2}\,\frac{k\,r}{s} \times \left[(\tau_2 - \tau_1)\left(\frac{\varphi_2}{2} + \frac{\cos\varphi_2}{\varphi_2} - \frac{1}{\varphi_2}\right) + \tau_1\,(\varphi_2 - \sin\varphi_2)\right]$$

zu ermitteln.

Versteht man unter der Differenz zwischen dem Radius des Ausgangskreises und dem Radiusvektor, der vom Mittelpunkte des Ausgangskreises bis zum ausgebogenen Streifenende geht, die Ausbiegung f_5, so wird diese zu:

$$f_5 = \frac{2}{100^2}\,\frac{k\,r^2}{s\,\varphi_2}\left[(\tau_2 - \tau_1)\,(\varphi_2 - \sin\varphi_2) + \varphi_2\,\tau_1\,(1 - \cos\varphi_2)\right]. \qquad (7)$$

Der Winkel, den die Tangente an den Endpunkt des ausgebogenen Streifens mit der Senkrechten auf dem Radiusvektor bildet, wird zu

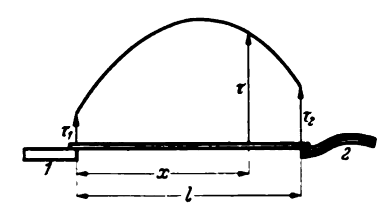
$$\operatorname{tg}\alpha_5 = \frac{2}{100^2}\,\frac{k\,r^2}{s\,\varphi_2\,(r \pm f_5)}\left[(\tau_2 - \tau_1)\,(1 - \cos\varphi_2) + \tau_1\,\varphi_2\,\sin\varphi_2\right].$$

Wie das Beispiel zeigt, ist die Rechnung selbst für einfache kreisförmige Gebilde sehr umständlich, obwohl die Gleichungen nur Näherungswerte geben, die bis zu einer Ausbiegung von ungefähr 30 % der Radiuslänge einigermaßen befriedigend sind. Wird die Ausbiegung größer, so nimmt der Fehler beträchtlich zu. Es ist daher zweckmäßiger, auf die etwas größere Genauigkeit zu verzichten und den Kreisbogen durch seine Sehnen zu ersetzen. Die Ermittlung der Ausbiegung erfolgt dann in ähnlicher Weise nach den Gl. (5) und (6), wie beim gebogenen Streifen mit konstanter Temperaturverteilung (Abb. 3). Dieser Weg hat noch den Vorteil, daß er schneller zum Ziele führt und für große Ausbiegewerte eine bessere Genauigkeit gibt als mit Gl. (7). Die Wahl der Ersatzstücklänge muß sich nach dem Temperaturverlauf und der Streifenform richten, denn innerhalb dieses Bereiches muß der Verlauf einigermaßen geradlinig sein.

Ermittlung des Temperaturverlaufes.

Für die Berechnung des Temperaturverlaufes soll eine einfache Anordnung nach Abb. 5 zugrunde gelegt werden. Es soll die Endtemperatur bestimmt werden, wenn der Streifen auf seiner ganzen Länge direkt beheizt ist. Ferner wird angenommen, daß in jedem Volumenteilchen die gleiche Wärmemenge erzeugt wird, daß also der Widerstand von der Temperatur unabhängig ist, und daß die Wärmeabfuhr an die umgebende Luft pro-

portional der Übertemperatur und der Abkühlfläche ist. Ist der Streifen frei aufgehängt, so wird die erzeugte Wärme teilweise durch die umgebende Luft und teilweise durch die Anschlüsse für die Stromzuführung abgeleitet.



l Streifenlänge
τ_1, τ_2 Übertemperatur des Streifenendpunktes
1, 2 Stromzuführungsbänder

Abb. 5. Erwärmung eines direkt beheizten Streifens.

Je stärker der Einfluß letzterer gegenüber der Streifenoberfläche ist, desto größer sind die Abweichungen von einer konstanten Streifentemperatur.

Unter den oben gemachten Voraussetzungen lautet die Differentialgleichung für die Enderwärmung:

$$\frac{d^2\tau}{dx^2} = \frac{\mu u}{\lambda q}\tau - \frac{Q}{l\lambda q}.$$

Nimmt man die Übertemperaturen τ_1 und τ_2 als bekannt an, so erhält man als Ergebnis der Rechnung

$$\tau = \frac{Q}{l\mu u} + \frac{\tau_2 - \tau_1 e^{-kl} - \frac{Q}{l\mu u}\left(1 - e^{-kl}\right)}{e^{kl} - e^{-kl}} e^{kx} - \frac{\tau_2 - \tau_1 e^{kl} - \frac{Q}{l\mu u}\left(1 - e^{kl}\right)}{e^{kl} - e^{-kl}} e^{-kx}.$$

In den letzten beiden Gleichungen bedeuten:

- τ die Übertemperatur im Punkte x in °C,
- τ_1 die Übertemperatur im Punkte $x = 0$ in °C,
- τ_2 die Übertemperatur im Punkte $x = l$ in °C,
- l die Streifenlänge in cm,
- Q die erzeugte Wärmemenge im gesamten Streifen je Sekunde in Watt,
- μ die Wärmeübergangszahl an die umgebende Luft in W/cm² °C,
- u den Streifenumfang, der von der Kühlluft umspült wird, in cm,
- λ die Wärmeleitfähigkeit des Streifens in W/cm °C,
- q den Streifenquerschnitt in cm² und
- $k = \sqrt{\frac{\mu u}{\lambda q}}$.

Sind die Temperaturen der Endpunkte nicht bekannt und sind ferner die Längen der Stromzuführungen sehr groß gegenüber der gesamten Streifenlänge, so ergibt sich τ abhängig von x zu:

$$\tau = \frac{Q}{l\mu u}\left(1 - \frac{\left[A e^{-kl} + AB\left(1 - e^{-kl}\right) + B\right] e^{kx} + \left[A e^{kl} + AB\left(e^{kl} - 1\right) + B\right] e^{-kx}}{(AB + 1)\left(e^{kl} - e^{-kl}\right) + (A + B)\left(e^{kl} + e^{-kl}\right)}\right).$$

Hierin ist angenommen, daß die in den Zuführungsbändern erzeugte Wärme sehr klein im Vergleich zu der im Bimetallstreifen erzeugten Wärme ist.

Für die in obiger Gleichung neu eingeführten Bezeichnungen sind folgende Werte einzusetzen:

$$A = \sqrt{\frac{\lambda_1 q_1 \mu_1 u_1}{\lambda q \mu u}}, \quad B = \sqrt{\frac{\lambda_2 q_2 \mu_2 u_2}{\lambda q \mu u}}.$$

Die mit Index bezeichneten Werte gehören zu den in Abb. 5 gekennzeichneten Stromzuführungsbändern. Der Streifen selbst trägt keinen Index.

Ist Leitung 2 nicht vorhanden, kann also nur an der Stelle $x = 0$ Wärme abgeführt werden, so vereinfacht sich die Gleichung zu:

$$\tau = \frac{Q}{l\mu u}\left[1 - \frac{A\left(e^{k(l-x)} + e^{-k(l-x)}\right)}{(1 + A)e^{kl} - (1 - A)e^{-kl}}\right].$$

Wird endlich auch von der Leitung 1 keine Wärme abgeführt, so erhält man die bekannte Abkühlungsformel

$$\tau = \frac{Q}{l\mu u}.$$

Zusammenfassung.

Für die Ermittlung der Ausbiegung von Bimetallstreifen wurde ein rechnerisches Verfahren angegeben, wobei gezeigt wurde, daß gebogene Streifen mit beliebiger Temperaturverteilung für die Rechnung vorteilhafterweise durch aneinandergereihte geradlinige Stücke mit geradlinigem Temperaturverlauf ersetzt werden. Die erforderliche Genauigkeit konnte dann durch entsprechende Unterteilung erreicht werden, wenn also der Kurvenbogen wenig in der Gestalt von dem geradlinigen Ersatzstück abwich. Ferner wurden Gleichungen für die Berechnung der Temperatur eines frei aufgehängten Streifens entwickelt.

Elektrische Waltötung.

Von **Albert Weber VDE**, Oslo.

DK 621.3:639.2

Übersicht. Aus Instrumentablesungen und Körperdimensionen sowie unter Benutzung experimenteller Bestimmung des Übergangswiderstandes von Metall zu Elektrolyt werden für einige charakteristische Schüsse in Fleisch, Lunge, Herz und Magen die tötende Stromdichte und Spannung berechnet. Der Widerstand des Tötungskreises wird in seine Teilwerte zerlegt. Die physiologische Wirkung des Stromes wird beschrieben.

Die Tötung der Wale erfolgt mit Wechselstrom von 50 Hz in einpoliger Stromzuleitung, die Rückleitung nach Bootkörper oder Propeller geschieht durch das Wasser.

In das mit der Harpune ausgeschossene 120 m lange Tau (Vorläufer) (Abb. 1) sind drei parallelgeschaltete isolierte Leitungen eingeschlagen. Um jedoch dem Walboot genügend Manövrierfähigkeit gegenüber dem Wal zu geben, ist auch eine der fünf Leinen von je 200 m Länge, die dem Vorläufer folgen, mit drei isolierten Leitungen versehen. Zwischen Walboot und Wal bleiben somit rd. 320 m Bewegungsfreiheit, ohne daß die Stromzufuhr unterbrochen wird.

A. Die physikalischen Grundlagen.

Mit dem Eindringen der Elektrode (Harpune) in den Walkörper fällt der bei elektrischer Tötung durch Hinrichtung oder durch Unfall vom Strom zu durchfließende und unsichere Übergangswiderstand von Elektrode durch die Haut weg. Der Widerstand des Stromkreises ist daher annähernd konstant, es treten Schwankungen von einigen Ohm auf. Der beste Stromweg ist der von der Einschuß-

stelle zum Maul, parallel mit dem Rückgrat oder in seiner Nähe verlaufend.

Eine neue Frage tauchte indessen auf: die Bestimmung des Übergangswiderstandes von Metall (Harpune) zum Elektrolyt (Walkörper) in Abhängigkeit von der Größe der Elektrodenfläche. Es war vorauszusehen, daß Walkörper, welche bis 4,5 m Breite erreichen, einen nur sehr kleinen Widerstand besitzen, daß also dieser Übergangswiderstand von Harpune zum Walinneren eine sehr wesentliche Rolle spielen muß. Es wird später gezeigt, daß dieser Übergangswiderstand bei Muskelschüssen immer größer ist als der Widerstand des eigentlichen Stromweges im Körper. Anderseits ist aber auch dieser Übergangswiderstand nicht hoch: 4,5 Ω ist bei der jetzigen Harpunenform die obere Grenze. Diese Verhältnisse wurden im praktischen Betrieb gefunden. Im Atlantischen Ozean wurde eine Reihe Metallplatten rd. 1 m unter der Wasseroberfläche versenkt, das entspricht etwa der Lage des Schwerpunktes des Wales; die Abstände 15 und 30 m vom Walboot werden konstant gehalten. Um festzustellen, ob physikalische oder chemische Einflüsse die Widerstandsgröße bestimmen, wurden diese Versuche mit Wechselstrom und Gleichstrom ausgeführt. Ferner wurden dieselben Versuche bei Süd-Georgia mit Elektrodenplatten verschiedenen Metalles wiederholt, ohne daß sich das Ergebnis änderte. Erst auf Grund dieser Messungen war es möglich, die Vorgänge im Walkörper zu bestimmen und die tötende Teilspannung zu ermitteln.

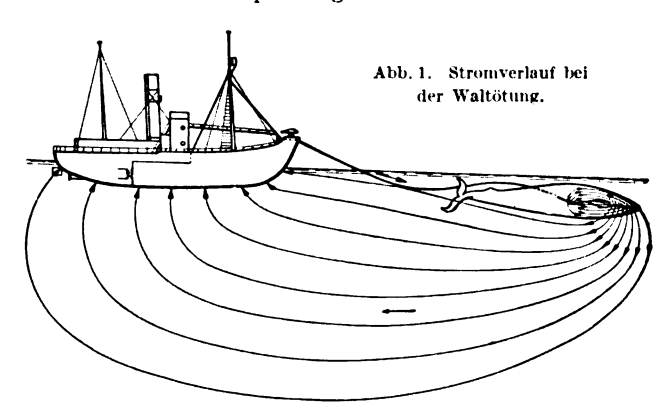


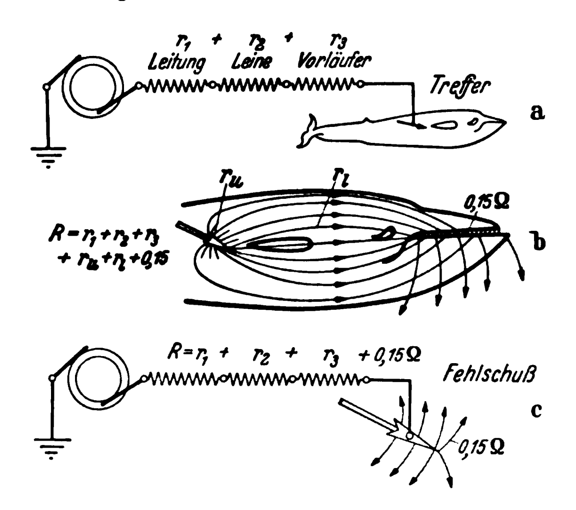
Abb. 1. Stromverlauf bei der Waltötung.

Der Versuch ergab praktisch gleiche Übergangswiderstände von Metall zu Elektrolyt für Gleich- und Wechselstrom; dies wurde auch später bestätigt, als drei bewußtlose Wale erst Wechselstrom, dann Gleichstrom erhielten. Gelingt es, den Leitwert des Wales zu finden, wenn sein Körper als homogene Masse betrachtet wird, dann kann die für die Tötung notwendige Teilspannung bestimmt werden. In sechsjähriger Beobachtung auf dem Walboot konnten bei 350 Walen aus den Abmessungen des Körpers und der Harpunenstellung Strom und Spannung vom Augenblick des Abschusses bis zum Eintritt konstanter Werte bestimmt werden. Es ergaben sich wiederholt Grenzfälle, aus denen mit Sicherheit die Größe des spezifischen Widerstandes errechnet werden konnte. Er ist in allen folgenden Berechnungen mit $0,57 \cdot 10^6\ \Omega\,\text{mm}^2/\text{m}$ für den Walkörper eingesetzt.

Die Rückleitung des Stromes erfolgt bei einem Treffer von der Schleimhaut des Maules ausgehend zwischen den Barden des Maules (Abb. 1 und 2 b). Die Einengung des Stromweges bestimmt allein den Rückleitungswiderstand, er beträgt 0,15 Ω und konnte nur indirekt nach längerer Zeit bestimmt werden.

Bei Fehlschuß ist der Stromweg auf die Oberfläche des Harpunenkopfes eingeengt (Abb. 2 c); durch direkte Messungen konnte der Übergangswiderstand der Harpune bei Fehlschuß, also im Kurzschlußfalle, ebenfalls zu 0,15 Ω bestimmt werden. Die Einschnürung des Stromweges auf einem kleinen Teil der Bahn bestimmt somit den Widerstand der Rückleitung; es ist daher praktisch gleichgültig, ob man auf 20 oder 80 m Wale elektrisch schießt.

Die Haut des Wales wirkt isolierend, andernfalls wäre elektrische Tötung nicht möglich. Jeder Wal nimmt bei konstanter Spannung den Strom auf, den seine Dimensionen benötigen.



r_1 Widerstand der fest verlegten Leitungen des Tötungskreises
r_2 Widerstand der Leine
r_3 Widerstand des Vorläufers
r_u Übergangswiderstand des Harpunenkopfes
r_l Leitungswiderstand des Wales

Abb. 2 a bis c. Ersatzschaltung für Treffer und Fehlschuß.

Im elektrischen Stromkreis treten die zwei Grenzfälle auf: Treffer (Abb. 2 a und b), wobei der Muskelschuß die kleinste Strombelastung ergibt, und Fehlschuß (Abb. 2 c), d. h. Kurzschluß. Zwischen Muskelschuß und Fehlschuß gruppieren sich mit steigendem Stromverbrauch: Eingeweide-, Lungen-, Herz-, Magenschuß. Zwischen dem letzten und dem Fehlschuß liegt noch der Muskelschuß mit herausgetretener Harpunenklaue, also mit starkem Nebenschluß. (Vgl. Abschnitt B 4).

Eine Verletzung des Walkörpers oder die blutende Einschußöffnung haben einen Nebenschlußstrom von nicht mehr als 1 bis 3 A zur Folge, sind also praktisch ohne Bedeutung.

Zu der Abb. 2 sei bemerkt, daß die Leitungswiderstände $r_1 + r_2 + r_3 = r$ in den folgenden Beispielen mit der Summe r eingesetzt werden. Es ist nur noch mit dem Harpunenübergangswiderstand r_u und dem Leitungswiderstand des Wales r_l zu rechnen. Der Spannungsverbrauch des letzteren ist somit die tötende Spannung. Für Rückleitung zum Boot und Einengung der Strombahn zwischen den Barden muß mit 0,15 Ω gerechnet werden.

B. Charakteristische Schüsse.

1. Muskelschuß.

Wal Nr. 23, 1935/36: Männlicher Blauwal, 23,8 m lang, 3,2 m höchste Breite. Die Widerstände der Leitungen $r_1 + r_2 + r_3 = r = 0,6417\ \Omega$ sind bekannt, dagegen muß der Leitungswiderstand r_l des Wales (Abb. 2) berechnet werden. Der Stromweg setzt sich wie folgt zusammen: $0,3 + 2,65 + 2,65 + 1,0 - 1,7 = 4,9$ m. Hierin bedeutet 1,7 m der Abstand des Harpunenkopfes von der Einschußstelle (Abb. 3). Für die Ausbreitung in der Schleimhaut des Maules wird die mittlere Länge von 1 m zugerechnet. Das Verhältnis $\frac{\text{Länge}}{(\text{Dmr.})^2}$ wird für einzelne Strecken ausgerechnet und auf die ganze Länge von 4,9 m reduziert; man erhält $\frac{4,9}{2,24^2}$ und erhält den Leitungswiderstand im Wal in der einfachen Form:

$$r_l = \frac{4,9 \cdot 0,57 \cdot 10^6}{\frac{\pi}{4} \cdot 2,24^2 \cdot 10^6} = 0,71\ \Omega.$$

Digitized by Google

Die mittlere Stromweglänge ist jedoch größer als der Abstand von Harpunenkopf bis Maul; der Unterschied ist um so größer, je näher der Harpunenkopf bei dem Maul liegt, umgekehrt gehen beide Längen ineinander über, wenn der Harpunenkopf weit hinten liegt.

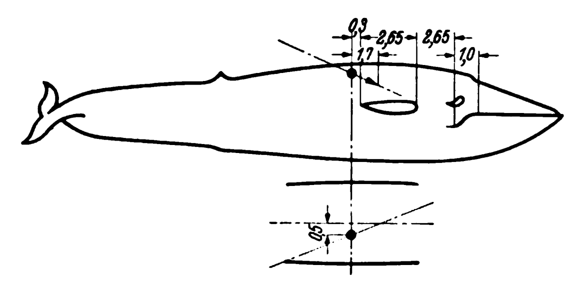


Abb. 3. Blauwal mit Muskelschuß.

Die Ablesung erfolgt in Abständen von 2 s. Die Stromdichte ist, verglichen mit der sicher tötenden Stromdichte des Menschen von 0,1 A/45 000 mm² hoch. Der Wal steht indessen auf einer niedrigen Entwicklungsstufe; solche Tiere erfordern höhere Stromdichten. Mit zunehmendem Bluterguß sinkt der Harpunenübergangswiderstand, daher steigt die Stromstärke wie aus der Zahlentafel 1 hervorgeht.

Die erste Ablesung ergibt, nach Abzug des Spannungsabfalles der Leitungen, 188 V; davon ist der tötende Teil nur 35,5 V, die Rückleitung erfordert $50 \cdot 0{,}15 = 7{,}5$ V; es bleiben $188 - 35{,}5 - 7{,}5 = 145$ V für den Übergangswiderstand des Harpunenkopfes. Das entspricht einem Übergangswiderstand von 2,9 Ω gegenüber dem Tötungswiderstand von 0,71 Ω, das ist das Vierfache. Eine Metallelektrode bildet im tierischen Körper einen Kontakt, der sich je nach der Lage in weiten Grenzen ändert. Um hier Klarheit zu bekommen, mußte ein neuer Begriff eingeführt werden, „die äquivalente Elektrodenfläche", d. h. man denkt sich den Harpunenkopf im Wal ersetzt durch eine Elektrode, welche denselben Übergangswiderstand hat, jedoch in Elektrolyt getaucht ist vom gleichen spezifischen Widerstand, den der Wal als homogene Masse haben würde, nämlich $0{,}57 \cdot 10^6\ \Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$; die oben erwähnten Versuche machen die Bestimmung der äquivalenten Elektrodenfläche nun möglich:

Höchster Übergangswiderstand der Harpune:

$r_u = 3{,}76 - (0{,}71 + 0{,}15) = 2{,}9\ \Omega$;

diesem Werte entsprechen 25 cm² äquivalente Elektrodenfläche;

kleinster Übergangswiderstand der Harpune:

$r_u = 2{,}87 - (0{,}71 + 0{,}15) = 2{,}01\ \Omega$; $\hat{=}$ 64 cm² äquivalente Elektrodenfläche.

Von der gesamten Oberfläche des Harpunenkopfes von 2890 cm² sind nur $\frac{2890}{115} = 25$ wirksam im Augenblick des Schusses, und $\frac{2890}{45} = 64\ \mathrm{cm}^2$ bei der letzten Ablesung. Für alle späteren Harpunenkonstruktionen und für Berechnung ihrer Kontaktwerte konnte die äquivalente Elektrodenfläche zugrunde gelegt werden. Aber auch in die Spannungsaufteilung innerhalb des Wales hat sie Klarheit gebracht.

Zahlentafel 1. Verlauf der Spannungen und Ströme bei der Waltötung, Beispiel 1.

I	U	Leistung	$I r = I \cdot 0{,}6417$	Spannung für Wal, Harpune und Rückleitung $I(r_u + r_l + 0{,}15)$	Widerstand für Wal, Harpune und Rückleitung $r_u + r_l + 0{,}15$	tötende Spannung $I r_l = I \cdot 0{,}71$	Stromdichte reduziert auf den menschlichen Brustquerschnitt $\frac{I \cdot 45\,000}{\frac{\pi}{4} \cdot 2{,}95^2 \cdot 10^6}$
A	V	kVA	V	V	Ω	V	A/45 000 mm²
50	220	11	32	188	3,76	35,5	0,33
51	220	11,2	32,7	187,3	3,67	36,2	0,336
52	216	11,2	33,3	182,7	3,52	37	0,343
53	216	11,46	34	182	3,42	37,7	0,349
55	212	11,7	35,2	176,8	3,23	39	0,362
60	210	12,6	38,5	171.5	2,87	42,6	0,395

Zahlentafel 2. Spannungen und Ströme bei der Waltötung, Beispiel 2.

I	U	Leistung	$I r = I \cdot 0{,}684$	Spannung für Wal, Harpune u. Rückleitung $I(r_l + r_u + 0{,}15)$	Widerstand für Wal, Harpune u. Rückleitung $r_l + r_u + 0{,}15$	tötende Spannung $I r_l = I \cdot 0{,}96$	reduzierte Stromdichte $\frac{I \cdot 45\,000}{\frac{\pi}{4} \cdot 2{,}75^2 \cdot 10^6}$
A	V	kVA	V	V	Ω	V	A/45 000 mm²
36	167	6	24,7	142,3	3,94	34,5	0,275
39	170	6,64	26,7	143,3	3,67	37,5	0,297
39	172	6,7	26,7	145,3	3,97	37,5	0,297
38	164	6,24	26	138	3,62	36,5	0,29
39	162	6,34	26,7	135,3	3,47	37,5	0,297
		Der Wal wird eingehievt					
39	160	6.24	26,7	133,3	3,42	37,5	0,297
39	163	6,35	26.7	136,3	3,48	37,5	0,297

Zahlentafel 3. Spannungen und Ströme bei der Waltötung, Beispiel 3.

I	U	Leistung	$I r = I \cdot 0{,}717$	Spannung für Wal, Harpune u. Rückleitung $I(r_l + r_u + 0{,}15)$	Widerstand für Wal, Harpune u. Rückleitung $r_l + r_u + 0{,}15$	tötende Spannung $I \cdot 0{,}336$	reduzierte Stromdichte $\frac{I \cdot 45\,000}{\frac{\pi}{4} \cdot 2{,}61^2 \cdot 10^6}$
A	V	kVA	V	V	Ω	V	A/45 000 mm²
46	160	7,36	33	127	2,765	15,5	0,387
47	154	7,25	33,7	120,3	2,56	15,8	0,396
48	153	7,35	34,5	118,6	2,475	16,1	0,405
49	152	7,45	35,2	116,8	2,38	16,5	0,412

Digitized by Google

2. Muskelschuß weit hinten im Walkörper (Abb. 4).

Wal Nr. 190, 1934/35. Weiblicher Finnwal, 22,6 m lang, 3 m höchste Breite. Widerstände der Leitungen: $r = r_1 + r_2 + r_3 = 0{,}684\,\Omega$. Leitungswiderstand im Wal: $r_l = 0{,}96\,\Omega$. Die Schußergebnisse sind in Zahlentafel 2 wiedergegeben.

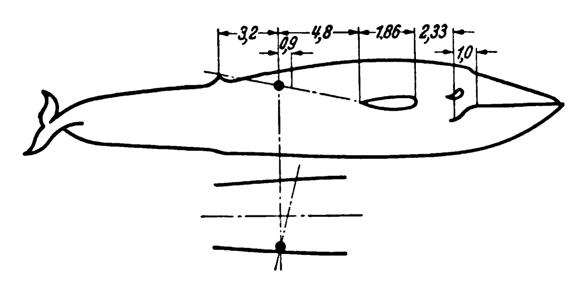


Abb. 4. Finnwal mit Muskelschuß weit hinten.

Höchster Übergangswiderstand der Harpune:

$r_u = 3{,}94 - (0{,}96 + 0{,}15) = 2{,}83\,\Omega \mathrel{\hat{=}} 26{,}5\,\text{cm}^2$ äquivalente Elektrodenfläche.

Kleinster Übergangswiderstand der Harpune:

$r_u = 3{,}48 - (0{,}96 + 0{,}15) = 2{,}37\,\Omega \mathrel{\hat{=}} 38{,}5\,\text{cm}^2$ äquivalente Elektrodenfläche.

3. Muskelschuß in den Hals (Abb. 5).

Wal Nr. 83, 1934/35, weiblicher Blauwal, 24,4 m lang, 4 m höchste Breite. Widerstände der Leitungen: $r = r_1 + r_2 + r_3 = 0{,}717\,\Omega$. Leitungswiderstand im Wal: $r_l = 0{,}336\,\Omega$. Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 3 wiedergegeben.

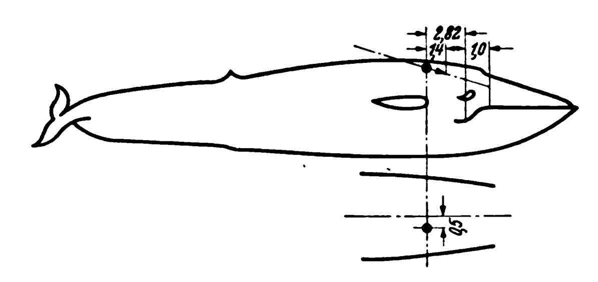


Abb. 5. Blauwal mit Schuß in den Halsmuskel.

Höchster Übergangswiderstand der Harpune:

$r_u = 2{,}765 - (0{,}336 + 0{,}15) = 2{,}279\,\Omega \mathrel{\hat{=}} 42{,}5\,\text{cm}^2$ äquivalente Elektrodenfläche.

Kleinster Übergangswiderstand der Harpune:

$r_u = 2{,}38 - (0{,}336 + 0{,}15) = 1{,}894\,\Omega \mathrel{\hat{=}} 67{,}5\,\text{cm}^2$ äquivalente Elektrodenfläche.

Mit der entsprechenden Spannung von nur rd. 16 V wurde der Wal sofort getötet. *(Schluß folgt.)*

Eine neuzeitliche Elektrodenwinden-Ausrüstung.

DK 621.34 : 621.866

Am Beispiel von neuzeitlichen und früher erstellten Elektrodenwinden wird der entwicklungsbedingte Fortschritt in der Ausführung derartiger Schalt-, Steuer- und Antriebsanlagen gezeigt[1]). Die in einem Werk vorhandenen Lichtbogenöfen, in denen Bauxit und Korund verarbeitet wird, werden mit einer verketteten Dreiphasenspannung von 120 V, 50 Hz, gespeist; dabei sind die drei Phasen an die drei Elektroden angeschlossen, während das Schmelzgefäß mit Füllung den Sternpunkt des Systems bildet. Die etwa 600 kg schweren Elektroden sind an Seilen aufgehängt und über Winden mit einer Nenngeschwindigkeit von rd. 1,5 m/min höhenverstellbar. Die Höhenverstellung bei der Ofenbeschickung und nach Beendigung des Schmelzvorganges erfolgt über Steuerwalzen von Hand, während der Schmelze aber selbsttätig durch die elektrische Elektrodensteuerung, wobei für die Steuerung der Elektrodenwinden 220 V Gleichspannung und Nebenschlußmotoren von je 1 kW mit einer Nenndrehzahl von 850 U/min verwendet werden. Das Motorfeld liegt dabei dauernd an Spannung, während dem Anker nur beim Einschalten eines der beiden Wendeschütze Energie zugeführt wird. Ein im Steuerstromkreis liegender Eilregler steuert über ein vorhandenes Kontaktsystem das Ein- und Ausschalten der Winde entsprechend der vorhandenen Lichtbogenlänge der Elektrode selbsttätig, wobei die Ansprechempfindlichkeit des Eilreglers durch einen Parallelwiderstand (Parallelregler) den Betriebsbedingungen entsprechend verändert werden kann. Durch die einstellbare Dämpfung, einen der Schaltung eingefügten Kontaktgeber und kräftige Abbremsung der Winde nach einem Regelvorgang wird Überregeln und Pendeln der Einrichtung vermieden, wobei für einwandfreien Betrieb schnelles Einstellen der Winde auf die vom Eilregler gegebenen Impulse wichtig ist. Entsprechend den Erfordernissen müssen Maschinen und Geräte im Dauerbetrieb einer hohen Schalthäufigkeit genügen, die Vorgänge mit niedrigen Eigenzeiten ausführen und verhältnismäßig große Schaltleistungen bewältigen. Die vorgesehene Schaltzahl von 600 Schaltungen je Stunde erwies sich als sehr ausreichend. Als Drehzahl der Kontaktwalze haben sich 38 U/min als zweckmäßig herausgestellt. Um Unruhe im Schmelzbad zu vermeiden, muß die gleichzeitige Bewegung aller drei Elektroden eines Ofens vermieden werden, was durch entsprechende Aussparung des Kontaktbelages der Kontaktwalze erreicht wird. Damit die Schütze kleine Ein- und Abschaltzeiten aufweisen, werden sie mit einer gewissen Übererregung betrieben. Den mechanischen Grundgleichungen des Antriebes wird eine lineare Abhängigkeit des Motormomentes von der Winkelgeschwindigkeit zugrunde gelegt, wobei sich rechnerische Werte für Anlaufzeit, Winkelgeschwindigkeit und Winkelweg ergeben, die mit den beobachteten des ausgeführten Antriebes übereinstimmten. Die Abhängigkeit zwischen Schmelzstromstärke und Widerstandswert des Parallelreglers verläuft hyperbolisch. Für zwei Öfen ist die selbsttätige Regeleinrichtung nur einmal vorhanden, so daß der Schmelzvorgang des einen Ofens während der Beschickung oder Entleerung des anderen verläuft, wobei auf die handbedienten Steuerwalzen zur Verstellung der längeren Elektrodenwege umgeschaltet wird. Eine Verriegelung sorgt dafür, daß stets nur die selbsttätige Regelung oder Handbetätigung eingeschaltet werden kann. Die Hubbewegung wird nach oben durch einpolige Spindelendschalter, die Senkbewegung durch Schlaffseilschalter begrenzt. Das Gesamtschaltbild enthält außer den Eilreglern, den Umschaltschützen und dem dreiphasigen Kontaktgebergerät noch die erforderlichen Hilfs- und Meßgeräte, von denen ein Teil in einem besonderen geschlossenen Geräteschrank, der restliche Teil in einem geschützten Gehäuse an der Schalttafel des Ofens untergebracht wurde. Die Feinregler sitzen in einem staubdichten Gehäuse unter Glas, so daß ihre Arbeitsweise durch Inaugenscheinnahme überwacht werden kann. Der staubige Betrieb erforderte allgemein eine sorgfältige Kapselung aller verwendeten Motoren und Geräte, wobei die neueren Ausführungen gegenüber den älteren Bauarten erhöhte Übersichtlichkeit, bessere Zugänglichkeit und zweckgerechtere Durchbildung bei verkleinerten Abmessungen aufweisen, wie die Bildbeispiele deutlich erkennen lassen. *Tsch.*

[1]) F. Lüns, Sachsenwerk-Mitt. 9 (1939) S. 13; 10½ S., 21 Abb.

Digitized by Google

Einführung zu den Vorschriften und Normen für galvanische Elemente und Batterien, VDE 0807/X. 39 und DIN VDE 1210.

Von C. **Drotschmann**, Berlin.

DK 621.352(083.133.1)

Bisher hatte auf dem Gebiete der galvanischen Elemente und Batterien das deutsche Normenwerk unter einer Zersplitterung und Aufteilung in die verschiedenen Batterie- und Elementarten gelitten. So galten z. B. die Normblätter

DIN VDE 1200 für Batterien für Schwerhörigengeräte,
DIN VDE 1201 für dreiteilige Taschenlampenbatterien,
DIN VDE 1205 für Trockenelemente ZKT und Füllelemente ZKF 1,5 V,
DIN VDE 1205 U
DIN VDE 1206 für Naßelemente ZKN 1,5 V,
DIN VDE 1600 für Anodenbatterien für Rundfunkgeräte.

Das neue Normenwerk räumt mit dieser Zersplitterung gründlich auf. In Zukunft gelten nur noch zwei verschiedene, sich ergänzende Richtlinien[1]), die bei der Herstellung von Elementen und Batterien und bei der Konstruktion aller Geräte, die Trockenbatterien gebrauchen, zu berücksichtigen sind, nämlich

1. die Normen DIN VDE 1210, in denen alle erforderlichen Angaben über Maße, Bauart, Kontakte usw., und zwar für alle handelsüblichen Primär-Stromerzeuger wie Trocken-, Füll-, Naßelemente, Taschenlampen-, Stab-, Kasten-, Gitter- und Anodenbatterien enthalten sind, und
2. die Vorschriften VDE 0807. Diese enthalten die geforderten elektrischen Mindestleistungen aller genormten Batterie- und Elementtypen, die Prüfvorschriften zur Kontrolle dieser Leistungen, allgemeine Herstellungs- und Behandlungsvorschriften und die Begriffserklärungen.

Normen DIN VDE 1210.

Es war eine Vielheit von Typen an galvanischen Elementen und Batterien entstanden, die irgendwelchen Sonderwünschen von Apparatkonstrukteuren, zuweilen auch dem Gedanken an eine gewünschte privatwirtschaftliche Konkurrenzlosigkeit zuzuschreiben war. Besonders unter den kleinen Batterietypen, jedoch auch — wenn auch seltener — unter den großen Elementen fand sich eine bedeutende Anzahl überflüssiger Konstruktionen.

Hier war zunächst die Spreu vom Weizen zu sondern. Es mußten diejenigen Zellengrößen herausgefunden werden, die als Bausteine für die Elemente und Batterien zur Erreichung jedes praktischen Zweckes erforderlich und nötig sind. Es lag dabei keinerlei Veranlassung vor, über diese Mindestanzahl zu normender Zellengrößen hinauszugehen, da jeder überzählige, nicht erforderliche Zellentyp naturgemäß einen unverhältnismäßigen Aufwand an nutzlos verbrauchtem oder schlecht ausnutzbarem Werkstoff bedingt. Die Anzahl der genormten Zellen wurde denn auch in dem neuen Normenwerk auf 13 Grundtypen (und zwei Nebentypen) beschränkt. Die kleinste Grundzelle ist in Zukunft die bekannte Kleinstabzelle „C" mit 19,6 mm Dmr. und 33 mm Höhe. Es ist dies diejenige Zelle, die bei der üblichen elektrischen Belastung noch gerade eine brauchbare Rohstoffausnutzung gestattet (im Gegensatz zu den bisher zuweilen gebauten Zellen noch kleineren Ausmaßes, deren Werkstoffausnutzung höchst unwirtschaftlich ist).

Die größte genormte Zelle ist der Typ „R", dessen Ausmaße 147 × 147 × 175 mm betragen. Die Größen der übrigen elf Grundzellentypen liegen zwischen diesen beiden Formaten. Es ist nicht zuviel gesagt, wenn hier angegeben wird, daß jeder Konstrukteur mit den aus diesen Zellen herstellbaren Elementen und Batterien jede überhaupt mit Trockenbatterien erreichbare Wirkung erzielen kann.

In gleicher Weise wurde die früher bestehende Vielheit von Element- und Batterietypen auf die zweckmäßigste Anzahl zurückgeführt. So ließen sich z. B. die Elemente auf sechs, Kasten-, Schwerhörigen-, Flach- und Stabbatterien auf noch weniger Typen bringen. Besonders zu begrüßen ist es, daß bei den Anodenbatterien mit den merkwürdigen und ungebräuchlichen Ausmaßen, die von Rundfunkkonstrukteuren früher oft für jeden neuen Rundfunkkoffertyp gefordert wurden, grundsätzlich und hoffentlich endgültig aufgeräumt worden ist.

Es gibt in Zukunft nur noch Anodenbatterien in den Normalausmaßen, die sich durch den zweckmäßigsten mechanischen und elektrischen inneren Aufbau der Anoden ergeben. Es steht zu wünschen, daß auch die Konstrukteure von Rundfunkgeräten von den Normen DIN VDE 1210 Kenntnis nehmen.

Gleichzeitig mit den neuen Normen ist eine einheitliche Kennzeichnung der Element- und Batterietypen eingeführt worden. Jede genormte Zellengröße erhielt einen Kennbuchstaben, z. B. die bekannteste Normalzelle 19,6 × 56 mm den Buchstaben „D". Eine Batterie aus diesen Zellen mit einer Nennspannung von 4,5 V wird nach den neuen Normen gekennzeichnet:

„Flachbatterie BD 4,5 VDE 1210".

Zweifel oder gar Verwechslungen unter den verschiedenen Batterie- und Elementtypen sind für alle Hersteller und Verbraucher von Batterien in Zukunft durch die neue Kennzeichnungsart unmöglich geworden.

Vorschriften VDE 0807.

Bei den neuen „Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien" VDE 0807 mußte zunächst der „Geltungsbereich" für die Vorschriften, aber auch für die Normen festgelegt werden. Die vorliegenden Vorschriften und Normen gelten nämlich für alle Zink-Kohle-Elemente mit Braunstein oder Luftsauerstoff als Depolarisator und die daraus hergestellten Batterien. Ausgenommen sind ausdrücklich Primärelemente mit alkalischem Elektrolyten, ferner Chromsäure-, Bunsen- und ähnliche Elemente. Es folgen in dem Text der Vorschriften die Begriffserklärungen für die verschiedenen Fachausdrücke (Zelle, Element, Batterie, Ruhe-, Arbeits-, Nenn- und Endspannung). Eine gewisse Schwierigkeit ergab sich, als es galt, den in der Batteriepraxis längst handelsüblich gewordenen Begriff der „Leistung der Batterie" mit dem physikalischen Begriff einer „Leistung" in Einklang zu bringen.

Zu den Abschnitten: Allgemeine Herstellungs- und Behandlungsvorschriften und Prüfvorschriften ist über das im Text der Vorschriften VDE 0807 Gesagte wenig hinzuzufügen. Die diesbezüglichen Angaben des Textes ermöglichen es allen Interessenten, und zwar auch denen, welche auf diesem Gebiet keine besondere Erfahrungen besitzen, nachzuprüfen, ob gegebene Batterien den Vorschriften des neuen Normenwerkes entsprechen oder nicht.

Die Vorschriften VDE 0807 bringen in einer „Tafel" zusammengefaßt für alle genormten Element- und Batterietypen die geforderten Mindest-, Nenn- und Arbeitsspannungen, Entladevorschriften und Lagerzeiten und Mindestleistungen der Stromerzeuger in frischem und in gelagertem Zustand.

[1]) Siehe S. 1243 dieses Heftes.

Digitized by Google

Es ist selbstverständlich, daß die berüchtigte „Dauerentladung" vollkommen aus dem Vorschriftenwerk verschwunden ist. Neu ist die deutliche Hervorhebung der Wichtigkeit der Lagerprüfungen nach Lagerzeiten der Batterien bis zu zwölf Monaten. Das Luftsauerstoffelement, besser d i e Luftsauerstoffelemente, nehmen, der technischen Entwicklung der letzten Jahre angemessen, einen beträchtlichen Raum ein. Eine getrennte Behandlung von Braunstein- und von Luftsauerstoffelementen, wie in dem früheren Normenwerk, hat sich sinngemäß vollkommen erübrigt.

Die in der bereits oben erwähnten Tafel der Vorschriften VDE 0807 gegebenen Werte für „Nenn- und Arbeitsspannungen" und die geforderten Werte der „Leistungsmessungen" stellen nur M i n d e s t w e r t e dar. Es kann nicht deutlich genug darauf hingewiesen werden, daß es in vielen Fällen durchaus nicht genügte, eben nur diese Mindestwerte zu erreichen. Tatsächlich müssen diese in der Tafel angegebenen Mindestwerte, besonders auch nach Lagerung der Batterien, mit vollkommener Sicherheit selbst dann erreicht werden, wenn in einem Einzelfall auch die ungünstigsten Verhältnisse vorgelegen haben sollten.

Bei der Übersichtlichkeit und der klaren Fassung der neuen Normen und Vorschriften ist zu erwarten, daß sich diese in kurzer Zeit allgemeiner praktischer Nutzanwendung erfreuen werden.

Regeln für Klemmenbezeichnungen.

VDE-Ausschuß für Klemmenbezeichnungen.

DK 621.315.684/.685(083.133.1)

VDE 0570a/X.39.

1. Änderung der ab 1.12.1938 gültigen Fassung.

Gültig ab 1. Januar 1940[1]).

§ 4.

Gleichartige Wicklungen, Netzleitungen, Anzapfungen.

Es wird ein neuer Absatz angefügt, der folgendermaßen lautet:

„Eine Ausnahme von den vorstehenden Regeln bilden ferner die Bestimmungen des § 8 betr. Klemmenbezeichnungen polumschaltbarer Drehstrommotoren."

§ 5.

Anschlußstellen für Schutzmaßnahmen und Betriebserdung.

Bleibt vorläufig noch offen.

§ 8.

Wechselstrommaschinen, -anlasser und -regler.

Der erste Absatz bleibt bestehen; an Stelle des zweiten tritt folgender Wortlaut:

„a) Maschinen.

Die Klemmen polumschaltbarer Wicklungen werden abweichend von § 4 stets mit Beiziffern entsprechend den zugehörigen Polzahlen gekennzeichnet, und zwar sowohl bei getrennten Wicklungen wie bei solchen in Dahlander-Schaltung. Bei der letztgenannten Wicklung werden z. B. die Klemmen wie folgt bezeichnet:

U_8, V_8, W_8, U_4, V_4, W_4,

wobei die Wicklungsanzapfung

U_4 zwischen U_8 und W_8
V_4 zwischen V_8 und W_8
W_4 zwischen U_8 und V_8

liegen soll (Abb. 1).

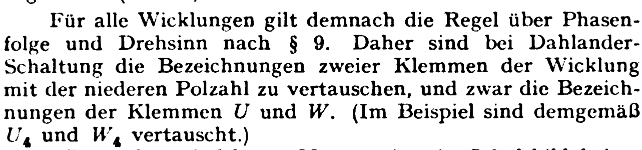


Abb. 1.

Für alle Wicklungen gilt demnach die Regel über Phasenfolge und Drehsinn nach § 9. Daher sind bei Dahlander-Schaltung die Bezeichnungen zweier Klemmen der Wicklung mit der niederen Polzahl zu vertauschen, und zwar die Bezeichnungen der Klemmen U und W. (Im Beispiel sind demgemäß U_4 und W_4 vertauscht.)

Allen polumschaltbaren Motoren ist ein Schaltbild beizugeben. Wenn bei mehrfach polumschaltbaren Motoren bei Einschaltung einer Wicklung in den anderen Wicklungen Verbindungsstellen geöffnet werden sollen, muß dies aus dem Schaltbild hervorgehen.

In Tafel II wird folgende Änderung vorgenommen:

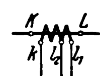
Unter E „Netzleitungen" wird in der waagerechten Zeile Nr. 32, d. h. für die Bezeichnung der Hauptleiter eines selbständigen Einphasennetzes, statt R, S geschrieben: R, S wahlweise R, T[2]).

§ 14.

Beispiele für Klemmenbezeichnungen.

Das in Tafel VII angegebene Beispiel der Klemmenbezeichnungen eines Stromwandlers mit Anzapfungen wird wie folgt geändert:

Stromwandler mit Anzapfungen.



[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Oktober 1939.

Begründung des Ausschusses für Klemmenbezeichnungen zur vorstehenden Änderung von VDE 0570.

Zu § 8:

Dem in ETZ 60 (1939) S. 511 veröffentlichten Entwurf des § 8 betr. polumschaltbare Motoren ist im allgemeinen zugestimmt worden, d. h. die Kennzeichnung der Klemmen polumschaltbarer Wicklungen durch Beiziffern entsprechend den zugehörigen Polzahlen wurde als zweckmäßige Lösung anerkannt.

Beachtenswert erschien lediglich der Einwand, daß bei dieser Bezeichnungsweise eine Vorbezeichnung der Polumschalter nicht mehr möglich ist, da man unter Umständen nicht wissen kann, für welche Polzahlen der Polumschalter später Verwendung findet. Es dürfte aber ähnlich dem Verfahren bei Stromrichter-Transformatoren und bei Kollektormotoren zweckmäßig sein, auch die Klemmen von Polumschaltern durchzunumerieren, da man bei einer Vielzahl von Klemmen sonst mit einem Buchstabensystem früher oder später stets in Schwierigkeiten gerät. Da allen polumschaltbaren Motoren ein Schaltbild beigegeben werden soll, ist dann die richtige Verbindung der Klemmen des Polumschalters mit denen des Motors ohne weiteres gewährleistet.

Eine Änderung nahm der Ausschuß jedoch insofern vor, als die Bezeichnungen zweier Klemmen für die Wicklung mit der niedrigeren Polzahl bei Dahlander-Schaltung vertauscht wurden. Obwohl es danach unter Umständen Schwierigkeiten machen könnte festzustellen, welche Klemmen zu einem Wicklungsstrang gehören und dies für die Vornahme von Reparaturen und Isolationsprüfungen zweifellos einen gewissen Nachteil bedeutet, hielt der Ausschuß doch den Vorteil, der in der strengen Aufrechterhaltung des § 76 von VDE 0530/XII. 37 besteht, für ausschlaggebend. Dieser Vorteil besteht darin, daß nach der neuen Festsetzung auch für Dahlander-Schaltung bei üblichem Anschluß von U V W an R S T bei Maschinen bis 100 kVA sich stets Rechtslauf ergibt. Der Kunde braucht also nicht, wie dies nach dem Entwurf notwendig gewesen wäre, zwei Anschlüsse zu vertauschen, da diese Vertauschung bereits im Motor selbst vorgenommen ist.

[2]) Die frühere Bezeichnung R, T (siehe VDE 0570/1909) mußte wieder aufgenommen werden, da sie von der Deutschen Reichsbahn in ihren Anlagen angewendet wird. Daneben bleibt die neu eingeführte Bezeichnung R, S (siehe VDE 0570/X. 38) bestehen; sie entspricht dem Vorschlage der IEC.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

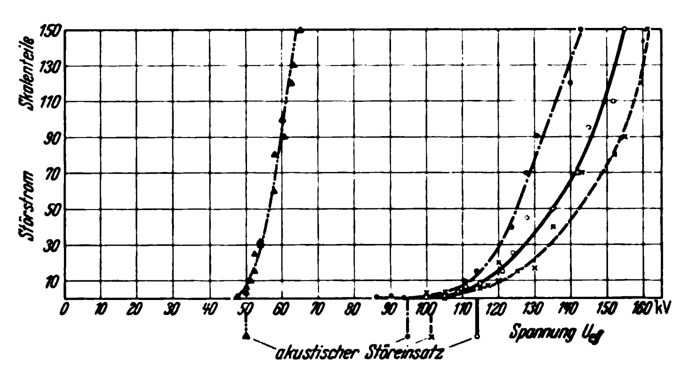
DK 621.315.624.63

Grundlegende elektrische und mechanische Versuche an Langstab-Isolatoren aus Porzellan. [Nach F. Obenaus, Hescho-Mitt. (1938) H. 78/79, S. 2505.]

Über den Langstab-Isolator, der statt der üblichen aus Einzelgliedern zusammengesetzten Isolationskette neuerdings verwendet wird, ist an dieser Stelle schon berichtet worden[1]). Bekanntlich ist der Langstab-Isolator eine Weiterentwicklung der Vollkern-(Motor-)Isolatoren. Ebenso wie bei diesen sind die Metallkappen bei den Langstab-Isolatoren auf zwei konischen Strunkenden am Porzellan aufgekittet. Bei den in der Arbeit beschriebenen Versuchen wird zunächst auf die elektrischen Vorentladungen eingegangen, die bereits den Unterschied zwischen den Langstäben und den bisherigen Isolatorenketten erkennen lassen. Während nämlich bei den Ketten-Isolatoren nicht nur Entladungen von den geerdeten und spannungführenden Teilen der Ketten, sondern auch von den metallischen Zwischenarmaturen ausgehen, ist der Langstab-Isolator bis zu den höchsten Spannungen hinauf frei von jeglichen Vorentladungen in unmittelbarer Nähe des Porzellans (Abb. 1). In bezug auf die heute an jeden Isolator zu stellende Forderung nach Rundfunkstörfreiheit steht der Langstab-Isolator wegen seiner weit voneinander liegenden Armaturen und der damit begründeten kleinen Feldstärke an diesen an der Spitze. Davon gibt Abb. 2 ein anschauliches Bild. In einem Rundfunkstörmeßstand, bei dem ein empfindlicher Rundfunkempfänger in die Erdleitung der an Spannung liegenden Prüflinge geschaltet wurde, ist der hochfrequente Störstrom in Abhängigkeit von der am Isolator anliegenden Spannung aufgenommen worden. Außerdem konnte in dem Prüfstand mit einem Lautsprecher der Störeinsatz der Isolatoren akustisch ermittelt werden. Während beispielsweise eine 100 kV-Isolatorenkette aus gebleiten Kappen-Isolatoren bereits bei 50 kV Störgeräusche verursachte, wurden diese bei dem Langstab-Isolator erst bei 114 kV, also noch oberhalb der betriebsmäßig gar nicht am Isolator auftretenden verketteten Spannung, hörbar.

Abb. 1. Feldbildaufnahme, aufgenommen bei negativer Stoßspannung von U_{max} = 1035 kV an einem Langstab-Isolator mit Hornkreuz-Schutzarmaturen.

Die Überschlagspannungsmessungen mit Wechsel- und Stoßspannungen zeigen, daß eine vorgegebene Bauhöhe bei Langstab-Isolatoren elektrisch in der gleichen Weise ausgenutzt wird, wie bei den bisherigen Ketten-Isolatoren. Dies ist bei den verhältnismäßig wenig ausladenden Schirmen wiederum nur dadurch möglich, daß jegliche Metall-Zwischenarmaturen fehlen. Ein Hauptmerkmal der Langstab-Isolatoren ist der immer frei zwischen den Schutzarmaturen verlaufende Überschlagfunke. Staffel-(Kaskaden-)Überschläge, wie sie von den Ketten-Isolatoren mit ihren Metall-Zwischenarmaturen bekannt sind, können nicht entstehen. Infolgedessen ist auch ein unbedingt sicherer Schutz der Langstab-Isolatoren mit Hilfe zweckmäßiger Lichtbogenschutzarmaturen möglich. Lichtbogen-Versuche mit Strömen von 500 und 5000 A zeigten, daß die für die Langstäbe vorgesehenen Hornkreuzarmaturen auch einwandfrei arbeiten, wenn der Lichtbogen auf der Isolatoren-Oberfläche eingeleitet wird, wie dies im praktischen Betrieb durch starke Beregnung oder Verschmutzung und Vernebelung der Oberfläche eintreten kann. In mechanischer Beziehung entsprechen die Langstäbe den Vollkern-Isolatoren gleichen Strunkdurchmessers. Sie haben bei der Herstellung



- • gebleite Kappen-Isolatoren (7 Glieder *K* 3)
- o gekittete Kappen-Isolatoren (7 Glieder *K* 3)
- • gekittete Vollkern-Isolatoren (3 Glieder *VK* 3 + 1 Glied *VK* ¾ *Z*)
- × gekitteter Langstab-Isolator für 100 kV

Abb. 2. Rundfunkstörungen der Kappen-, Vollkern- und Langstab-Isolatoren bei verschiedener Spannung.

einen Vorzug insofern, als die Fertigstellung der Stäbe wegen des geringeren Durchmessers in weit stärkerem Maße mechanisiert und damit eine Vergleichmäßigung der mechanischen Werte der Einzelstücke erreicht werden kann. *Obs.*

DK 621.316.267

33 kV-Schaltanlage in Brimsdown. [Nach J. M. Goodall, Electr. Rev., Lond. 123 (1938) S. 819; 3 S., 9 Abb.]

Die Schaltanlage wurde in drei Bauabschnitten nach den jeweils neuesten Gesichtspunkten erstellt. Bemerkenswert ist der Einbau von Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors, Ljungström-Turbinen, Frequenzüberwachung für Synchronuhren, direkte Erzeugung von 33 kV, Einbau von Loeffler-Kesseln für 140 at und 510° C. Während der erste Bauabschnitt 1926 als Freiluftschaltanlage mit Doppelsammelschienen und Ölschaltern der offenen Type für 1000 MVA ausgeführt wurde, ging man in dem zweiten Bauabschnitt 1930 infolge Platzmangels zu der gekapselten Bauweise, jedoch mit doppelten Ölschaltern je Abzweig, über. Eine nicht unbeträchtliche Explosion mit anschließendem Brand zeigte den Vorteil der doppelten Ölschalter in dem Doppelsammelschienensystem. Die Stromlieferung konnte über das eine Sammelschienensystem bereits binnen zwei bis drei Tagen wieder aufgenommen werden, während das andere System für einen beträchtlichen Zeitraum ausfiel. Diese Störung gab Veranlassung, die gekapselte Anlage mit einer Klimaanlage auszurüsten, welche die relative Luftfeuchtigkeit auf 10% begrenzt, um den Gefahren des Seeklimas, unter dem die Anlage stark zu leiden hat, zu begegnen. Bei der letzten Erweiterung kehrte man wieder zur Freiluftschaltanlage mit der gleichen Ölschaltertype, die für den ersten Bauabschnitt verwendet wurde, zurück und baute zur Erhöhung der Brandsicherheit Trennwände zwischen den Ölschaltern nebst Trennschaltern und Kabelendverschlüssen ein. Da der ungünstige Einfluß des Seeklimas auf die Isolationsfestigkeit der Anlage noch durch Kohlenstaubfeuerung und Kühltürme wesentlich verstärkt wurde, hat man nach recht eingehenden Versuchen Isolatoren der „Motor-"Type mit einer Trockenüberschlagsspannung von 200 kV, Regenüberschlagsspannung von 145 kV und Stoßüberschlagsspannung von 296 kV bei 1|50 μs-Welle verwendet. Die Leistungsschalter sind Einkesselschalter mit Löschkammern, die nach den britischen Vorschriften B.S.S. 116/1937 eine Abschaltleistung von 1000 MVA bei 33 kV besitzen. Ihre Gesamtunterbrechungszeit ist kleiner als fünf Perioden bis herab zu 30% der Nennleistung. Einkesselschalter wurden verwendet, da sie einen geringeren Ölinhalt

[1]) ETZ 59 (1938) S. 234; 60 (1939) H. 9, S. 278; 60 (1939) H. 12, S. 353.

Digitized by Google

als Dreikesselschalter haben. Auch beim Bau der Schaltwarte wurden durch weitgehende Unterteilung Vorkehrungen gegen Brandgefahr getroffen. Die Gesamtanlage ist durch ein darübergespanntes Netz von Erdseilen gegen direkte Blitzschläge gesichert. *yer.*

DK 621.311.21 + .22.062.1

Betriebserfahrungen und Aufgaben einer kombinierten Wasser- und Dampfkraftanlage. [Nach H. L. Harrington und E. B. Strowger, Trans. Amer. Soc. mech. Engrs. 61 (1939) S. 89; 6½ S., 5 Abb., 1 Tab.]

Erfolgreicher Parallelbetrieb von gekuppelten Wasser- und Dampfkraftwerken setzt umfassende Untersuchungen der Anforderungen an die Verbundwirtschaft, Verbrauchs- und Erzeugungslenkung sowie Betriebsführung voraus, um zur höchsten Wirtschaftlichkeit zu gelangen. Der Hauptnachteil der Wasserkraft ist der ungleiche Anfall der Energie. Da bei Dampfkraftwerken die Energiekosten weitgehend von der Benutzungsdauer abhängen, bilden sie zweckmäßig die Grundlastversorgungsquellen. Die Lastverteilung muß bestrebt sein, entsprechend dem Versorgungsgebiet und den Hauptabnehmerschwerpunkten überall die ausreichenden Energiemengen zur Verfügung zu stellen. Als weiteres Hapterfordernis der Betriebslenkung ergibt sich, stets den Einsatz der gerade verfügbaren billigsten Energie vorzunehmen, was nur durch ausreichende Verbindungsleitungen und Zwischenverbindungen sowie eine elastische Betriebsführung mit Fernmeldung ermöglicht wird. Dabei sind die ausgebauten Wasserkräfte weitgehend auszunutzen; Speichermöglichkeiten in den Zeiten schwacher Belastung wirken ausgleichend. Reserveeinheiten sind unter Berücksichtigung der Betriebs- und Ausfallmöglichkeiten zu bemessen.

H. L. Harrington und E. B. Strowger geben Betriebserfahrungen mit nach diesen Gesichtspunkten arbeitenden Verbundkraftanlagen in den V. S. Amerika bekannt. Bewährt hat sich die Planung ausreichender Leitungssysteme mit Angleichung an den Lastbereich, ferner in den Versorgungsgebieten die Spannungsregelung mit Regelumspannern. Die zentrale Lastverteilung und Lenkung der Energieerzeugung erscheint auch bei Anlagen mit mehreren Kraftwerken jeder Energieart günstig; dabei können bei sehr großen Anlagen jeweils mehrere Kraftwerke von einer Stelle aus überwacht werden, wie ein Beispiel mit Haupt- und Nebenversorgungsgebieten mit Lastverteilungsschaulinien zeigt. Um die anfallende Wasserkraft weitgehend einzusetzen, muß deren Anfall zur künftigen Lastverteilung ständig aufgezeichnet werden, so daß der kommende Hoch- und Niedrigwasserverlauf weitgehend vorausgesagt werden kann. Der gesamte Wasserkraftwerksentwurf beruht auf dem Verlauf des Wasseranfalles, wobei die Zahl der Einheiten nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten abgeschätzt werden muß; hierfür werden weitere Hinweise angegeben und am Beispiel regelmäßiger Aufzeichnungen der anfallenden Wasserkraft erläutert. Bei den Dampfkraftwerken wird die Wirtschaftlichkeit durch den spezifischen Brennstoffverbrauch je Leistungseinheit gekennzeichnet. Die Gesichtspunkte der Speicherbemessung bei Wasserkraftanlagen müssen auf alle örtlichen Bedingtheiten sowie die Belastungs- und Netzverhältnisse Rücksicht nehmen; das gleiche gilt für die Reserveleistung. Die Regelung von Frequenz und Spannung ist mit den Erfordernissen eines wirtschaftlichen Verbundbetriebes unumgänglich verbunden. Zusätzliche Aufgaben entstehen bei der Kupplung von Netzen verschiedener Frequenzen, wofür Sondergeräte zur Takthaltung entwickelt wurden. Grundsätzlich gelten aber für deren Betrieb die gleichen, oben angegebenen Richtlinien. *Tsch.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.21.004.62

Das Altern der Transformatoren. [Nach einem Vortrag von M. Vidmar, gehalten in der Fachgruppe Elektrotechnik, Gas und Wasser im NS-Bund Deutscher Technik, Gauwaltung Wien, am 11. 1. 1939. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 49.]

Die Lebensdauer des Transformators wird in den Abschreibungen der Jahresrechnungsabschlüsse berücksichtigt. Vor etwa drei Jahrzehnten dachte wohl noch niemand an die laufenden Kosten des Transformators (Kupferverluste usw.). Geringe Anschaffungs- bzw. Baukosten waren damals das Ziel sowohl des bauenden als auch des betriebsführenden Ingenieurs. Die jährlichen Abschreibungen hatten aus diesem Grunde anfänglich nur wenig Berührung mit der wirklichen Lebensdauer des Transformators. Das wurde anders, als die billigste Umformung den billigsten Umspanner zu verdrängen begann. Für die niedrigsten Baukosten ist die Lebensdauer des Transformators bedeutungslos, für die billigste Transformation ist sie eine außerordentlich wichtige Größe.

Es gibt mehrere Leistungen des Transformators: die alte Grenzerwärmungsleistung, die an die Schwierigkeiten des jungen Transformatorenbaus mit der Kühlungsfrage erinnert, die jüngere wirtschaftlichste Leistung, die vom Verfasser in seiner Studie[1]) „Der kupferarme Transformator" umrissen wurde, und die amerikanische Grenztemperaturleistung — die Raubbauleistung.

Die Grenzerwärmungsleistung treibt Strom und Sättigung so hoch sie kann, sie folgt der Kühleinrichtung des Transformators. Sie ist zweifellos die Frucht des Kampfes um die geringsten Baukosten. Die wirtschaftlichste Leistung meidet übertriebene elektromagnetische Beanspruchungen des Eisens und des Kupfers, weil sie neben den Baukosten auch die Kosten der Verlustenergie berücksichtigt. Sie ist das Ziel der Bemühungen um die geringsten Transformationskosten. Diese erreicht sie dann, wenn die Jahresverlustarbeit des Transformators ungefähr dreimal so viel kostet wie die Verzinsung und Abschreibung. Dabei zählt die Verzinsung und Abschreibung der Kühleinrichtung bei den Kosten der Jahresverlustarbeit mit.

Die amerikanische Grenztemperaturleistung, die aus dem Transformator alles herausholen will, was er leisten darf, die also jedes Sinken der Umgebungslufttemperatur ausnützt, stand auf dem alten Glauben, daß es eine Grenztemperatur gibt, bis zu welcher die Isolierstoffe des Transformators unbegrenzt lange erwärmt werden dürfen. Es sind dies die bekannten 110° C, die sich in den Sicherheitsvorschriften der Starkstromtechnik seit langem durchgesetzt haben. Eingehende amerikanische Laboratoriumsversuche ergaben die überraschende Tatsache, daß es keine dauernd zulässige Grenztemperatur für die Isolierstoffe des Transformators gibt, daß vielmehr die Lebensdauer der Isolierstoffe und damit des Transformators praktisch nur eine Funktion der Temperatur ist. Nach V. M. Montsinger beträgt die Lebensdauer bei 110° C volle 4½ Jahre und verdoppelt sich für je 8° C Temperaturermäßigung. Man erhält so den Ausdruck:

$$L = 6{,}2 \cdot 10^4 \cdot e^{-\frac{\vartheta}{11{,}5}},$$

worin L die Lebensdauer in Jahren, ϑ die Belastungstemperatur in °C und e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeuten. Die Grenztemperaturleistung ist also als eine Raubbauleistung aufzufassen, die keinen Vorteil, wohl aber schwere wirtschaftliche Nachteile hat.

Die wirtschaftlichste Leistung richtet sich nicht nach der Kühleinrichtung wie die Grenzerwärmungsleistung, sie verlangt vielmehr von der Kühleinrichtung, daß sie sich ihr anpaßt.

Unter dem Gesichtspunkt der wirtschaftlichsten Leistung betrachtet bleibt es zweifelhaft, ob die Erhöhung der Kupfergrenzerwärmung von 60 auf 70° C vorteilhaft war. *eb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.336 : 621.318.4.027.3

Ein neuartiger Spulenprüfer. [Nach T. M. Dickinson, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 129; 3 S., 3 Abb.]

Das neuartige, in Abb. 3 schematisch dargestellte Prüfgerät dient zur Feststellung von Windungsschlüssen und Isolationsfehlern in Hochspannungsspulen. Es besteht aus einem, von normalfrequentem Wechselstrom gespeisten Röhren-Schwingungserzeuger zur Magnetisierung eines langgestreckten Magnetkernes aus einem Hochfrequenz-Sonderbaustoff. Auf jeder Seite der auf diesem Magnetkern angeordneten Magnetisierungswicklung befindet sich eine Spule. Diese beiden Spulen sind in Brückenschaltung mit einem Vakuumröhren-Spannungsanzeiger verbunden. Da die in diesen Spulen induzierten Spannungen einander gleich sind, ergibt sich am Spannungszeiger bei ausgeglichener Brücke kein Ausschlag. Die zu prüfende Spule wird über das eine Ende des Magnetkernes geschoben, wobei in ihr eine hohe induzierte Spannung auftritt. Bei einem Durchschlag der Spulenisolation und Windungsschluß in der zu prüfenden Spule wird durch den Spulenkurzschlußstrom eine Gegenmagnetisierung und Schwächung des die benachbarte Brückenspule durchsetzenden, vom Schwingungserzeuger erzeugten magnetischen Flusses hervorgerufen, wobei das Brückengleichgewicht gestört und der Spannungsanzeiger zum Ausschlag gebracht wird. Bei der Prüfung von Spulen sehr großer

---

[1]) J. Springer, Berlin 1935.

Digitized by Google

Windungszahl kann infolge des Kapazitätsstromes in der verteilten Windungskapazität ein kleiner Strom in der Prüfspule auftreten, der eine geringe Störung des Brückengleichgewichtes zur Folge hat. Diese Störung kann jedoch entweder durch Nachabgleichung der Brücke mit einer einwandfreien, der zu prüfenden gleichartigen Spule auf dem Magnetkern oder auch dadurch behoben werden, daß auf das entgegengesetzte Ende dieses Kernes eine gleichartige, einwandfreie Spule aufgebracht

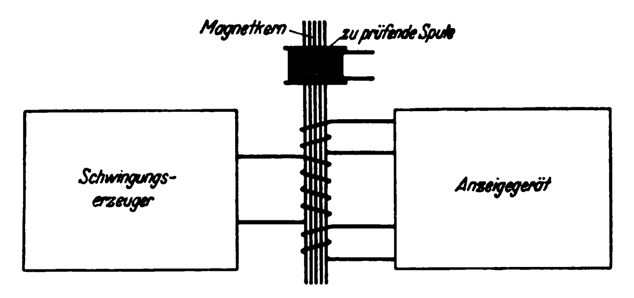


Abb. 3. Schematische Darstellung des Prüfgerätes für Hochspannungsspulen.

wird, deren Kapazitätsstrom dem Kapazitätsstrom der zu prüfenden Spule das Gleichgewicht hält. Das Prüfgerät ist mit allen Schalt- und Meßeinrichtungen in einem mit einem Glasfenster zur Beobachtung der zu prüfenden Spule versehenen Blechkasten untergebracht, der zum Schutz des Beobachters gegen die in der zu prüfenden Spule induzierten hohen Spannungen nur im spannungsfreien Zustand geöffnet werden kann. Der Magnetkern ist auswechselbar. Stündlich können mit dem Gerät mehrere hundert Spulen geprüft werden. *O. N.*

DK 621.317.761

Allwellen-Frequenzmesser. [Nach A. Habermann, Arch. techn. Mess. (1939) Lfg. 91, T. 7; 6 S., 14 Abb.]

Der Wellenmesser besteht aus einem Frequenzmesser mit durchgehendem Bereich von 50 bis 50 000 kHz, dem Grobmesser, und einem als Bandfrequenzmesser für den Bereich von 2,5 bis 3,75 MHz ausgebildeten Feinmesser. Außerdem ist eine Quarzstufe mit einer Frequenz von 100 kHz $\pm$ 3 Hz als Vergleichsnormal vorgesehen, die entscheidend für die Absolutgenauigkeit ist.

Liegt die zu messende Frequenz f_x innerhalb des Bereiches des Feinmessers (*FM*), so kann sie unmittelbar mit dessen Genauigkeit von $5 \cdot 10^{-5}$ bestimmt werden. Ist sie größer oder kleiner, so überlagert man eine Oberwelle entweder des Feinmessers mit dem Grobmesser (*GM*) oder umgekehrt, nachdem man f_x mit dem Grobmesser auf 0,8% genau bestimmt hat. Aus dem Verhältnis $f_x : f_{FM}$ bzw. $f_{FM} : f_x$ ermittelt man die benutzte ganzzahlige Oberschwingung und multipliziert den erhaltenen Wert mit der Frequenz des Feinmessers. Da man also die unbekannte Frequenz zunächst mit dem Grobmesser bestimmt und erst dessen Frequenz mit dem Feinmesser ermittelt, ist für die Meßgenauigkeit die Übereinstimmung von f_{GM} mit f_x entscheidend. Um diese Übereinstimmung genauer als die untere Empfindlichkeitsgrenze des menschlichen Ohres — 25 Hz — zu machen, bestimmt man die Differenzfrequenz $f_x - f_{GM}$ durch eine Hilfsüberlagerung im Hörbarkeitsbereich, z. B. mit dem Feinmesser, und macht sie dann gleich Null. Dann stimmen f_{GM} und f_x vollständig überein. Zur Bestimmung von f_x mit der Meßgenauigkeit des Feinmessers genügt dann schon eine Messung auf $\pm$ 100 Hz. Die Anzeige erfolgt optisch oder mittels Telephon.

Der Grobmesser kann auch als Meßsender benutzt werden und liefert über einen kapazitiven Spannungsteiler eine Spannung von etwa 0,5 V in allen Bereichen. Der Gesamtbereich wird in sieben Stufen überbrückt; für den kurzwelligsten Bereich von 25 bis 50 MHz ist ein eigener Generator vorgesehen. Bei dem Feinmesser sind zur Erzielung einer möglichst großen Konstanz die frequenzbestimmenden Teile — Kapazitäten und Spule — ganz keramisch aufgebaut. Die Temperaturkompensation ist so weit gebracht, daß Änderungen durch Wärmeeinflüsse zwischen 15° und 25° C innerhalb der Meßgenauigkeit bleiben. Die frequenzmäßige Lage des Feinmessers innerhalb des Gesamtbereiches ist dadurch bedingt, daß die Meßgenauigkeit des Grobmessers noch die eindeutige Ermittlung der Oberwellenzahl der Überlagerung zwischen Grobmesser und Feinmesser zuläßt.

Die Mischung der Frequenz des Grob-, Feinmessers, der zu messenden Frequenz und der Frequenz des Normalgenerators geschieht mittels zweier hintereinanderliegender Mischhexoden. Die Anordnung ergibt eine gute Mischverstärkung, so daß nur noch eine Niederfrequenzstufe erforderlich ist.

Der Normalquarz hat einen Temperaturkoeffizienten von $-4 \cdot 10^{-6}/°$ C, überschreitet also bereits bei Unterschieden von $\pm 8°$ C die Genauigkeitsangabe. Bei größeren Temperaturunterschieden empfiehlt sich daher die Verwendung eines Thermostatquarzes, der bereits nach 180 s Anlaufzeit eine Temperaturkonstanz von $\frac{1}{2}°$ C aufweist.

Zur Stromversorgung ist ein besonderes Netzanschlußgerät geschaffen. *Kj.*

DK 621.317.39 : 531.773

Messung kurzzeitiger Drehzahlschwankungen. [Nach F. Eckel, Z. VDI 83 (1939) S. 381; 2 S., 6 Abb.]

Nur mit trägheitslosen Meßgeräten ist die fehlerfreie Aufzeichnung kurzzeitiger Drehzahlschwankungen möglich. Während die Trägheit der bisherigen Drehzahlmeßgeräte, wie Tachometerdynamo, Unipolarmaschine und Wechselstromerzeuger, die Messungen fälschen kann, erscheint die Verwendung des Oszillographen in Verbindung mit einer Photozelle zur wirklichkeitsgetreuen Aufzeichnung kurzzeitiger Drehzahlschwankungen besonders geeignet.

F. Eckel gibt eine Meßanordnung an, die aus einer Lampe und vorgeschalteter Lochscheibe als Geber besteht und im Meßkreis eine Photozelle, Verstärker und Oszillographen besitzt; die Lochscheibe befindet sich auf dem Wellenstumpf der Maschine, deren Drehzahlen gemessen werden sollen. Durch die Drehbewegung der Scheibe mit verschiedener Lochzahl, die je nach dem erforderlichen Meßbereich ausgewählt wird, wird der Lichtstrom der Lampe zerhackt; dementsprechend entsteht im Meßkreis über die Photozelle ein zerhackter Gleichstrom. Der Meßkreis ist über einen Umspanner mit einem Schwingungskreis gekoppelt, durch den die zu erwartenden Frequenzen auf den geradlinigen, aufsteigenden Ast der Resonanzkurve gelegt werden können. Durch einen zusätzlich einschaltbaren Dämpfungswiderstand kann der Verlauf abgeflacht werden. Die mit der Frequenz steigende Wechselspannung am Kondensator wird entweder den Ablenkplatten eines Elektronenstrahl-Oszillographen zugeführt und auf dessen Leuchtschirm aufgezeichnet oder gleichgerichtet und einem geeigneten Schleifenoszillographen zugeleitet. Es wird empfohlen, in den Lampenkreis einen Strommesser und Regelwiderstand einzuschalten; um den Lampenstrom möglichst konstant zu halten, werden dafür Eisenwasserstoffwiderstände vorgeschlagen. Die Lochzahl in der Lochscheibe wird zweckmäßig so ausgewählt, daß die Frequenz des Photozellenstromes mindestens das Zehnfache der aufzuzeichnenden Frequenz beträgt. Bei Frequenzen über 3000 Hz sind Vakuumzellen überlegen. Die Eichung des Gerätes erfolgt durch Benutzung eines Motors mit gleichförmiger Winkelgeschwindigkeit oder durch Aufnahme von Zeitmarken. Als Beispiel für die Arbeitsweise und Leistungsfähigkeit werden die Ergebnisse und Aufnahmen des Drehzahlverlaufs eines Antriebes angegeben, der aus einem Elektromotor und dem Schaltgetriebe eines Kraftfahrzeuges besteht. Beim Schalten des Getriebes vom dritten in den vierten Gang stieg beispielsweise die Drehzahl der Lochscheibe innerhalb von $\frac{2}{25}$ s von 460 auf 580 U/min; die sprunghafte Änderung der Drehzahl innerhalb dieser Zeit wird deutlich erkennbar. Bei Erprobung der Meßeinrichtung an Verbrennungsmotoren wurden alle gestellten Anforderungen erfüllt. *Tsch.*

Bergbau und Hütte.

DK 621.317.331 : 622

Messung von Uebergangswiderständen an Rohrleitungen, Förderbändern und Schüttelrutschen im Untertagebetrieb. [Nach R. Burgholz, Elektr. i. Bergbau, 14 (1939) S. 14; 2¾ S., 8 Abb.]

Verschiedentlich ist zur Verhütung des Auftretens gefährlicher Berührungsspannungen vorgeschlagen worden, alle leitfähigen Bauelemente des Abbaubetriebes untereinander und mit dem Schutzerdleiter zu verbinden. Um Unterlagen über den Wert solcher Maßnahmen zu erhalten, wurden die Übergangswiderstände an den in Frage kommenden Bauelementen vor Ort unter den verschiedensten Verhältnissen gemessen. Die Messungen wurden mit einer Kleinmeßbrücke durchgeführt, bei der die Stromquelle in der Brücke und das Galvanometer parallel zum Schleifdraht lag. Hierdurch werden Fehlmessungen infolge von Streuspannungen und Polarisationserscheinungen von vornherein ausgeschaltet.

In dem Aufsatz sind die gemessenen Widerstandswerte an Kugel-, Keilbajonett-, Berg-DIN-Flanschverbindungen und an

Digitized by Google

den Verbindungsstellen der Muldenbleche von Förderbändern wiedergegeben.

Aus den Messungen folgt:

1. Zwischen den verschiedenen Flanscharten ist ein grundsätzlicher Unterschied in der Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmter Widerstandsgrößen nicht vorhanden.
2. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Übergangswiderstand und der je nach Flanschdurchmesser verschieden großen Berührungsfläche besteht nicht.
3. Die Widerstandswerte sind nicht konstant und durch die Streb- und Streckenverhältnisse maßgeblich beeinflußt.
4. Auch bei den Grubenwasserleitungen ist die elektrische Güte der Verbindungsflansche von entscheidender Bedeutung für die Erdleitung.

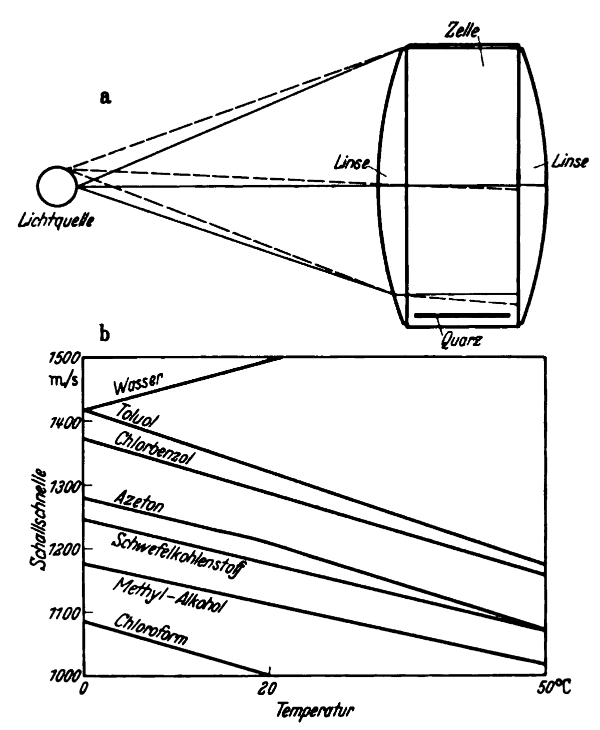
Leitungen mit Kugel- oder Keilbajonett-Flanschverbindern, Muldenbleche von Bandantrieben und Schüttelrutschen sind als zusätzliche Erdleitungen zu verwerfen. Bei festverlegten Rohrleitungen mit Berg-DIN-Flanschen läßt sich eine einwandfreie Schutzerdleitung immerhin unter gleichzeitiger Mitverschraubung von Überbrückungsgliedern erzielen, jedoch ist eine öftere Nachmessung des Übergangswiderstandes erforderlich. *eb.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.397.331 : 534.8

Die Ultraschallzelle als Lichtsteuervorrichtung. [Nach M. J. Goddard, Television 11 (1938) S. 734; 3. S., 4 Abb.; 12 (1939) S. 12; 2 S., 2 Abb.]

Nach einer anschaulichen Darstellung des Vorganges der Helligkeitssteuerung bei der Ultraschallzelle auf Grund des Debey-Sears-Effektes und der Anwendungsmöglichkeit von Ultraschallzellen an Stelle von Kerrzellen für Fernsehzwecke wird die erreichbare Wiedergabegüte zu den Hauptbestimmungsgrößen der verwendeten Zelle in Beziehung gesetzt. Die in der Ebene parallel zur Fortpflanzungsrichtung der Ultraschallwelle die Zelle durchsetzende Lichtmenge kann proportional zu $\frac{w\,f}{v}$ gesetzt werden, wenn v die Schallgeschwindigkeit in der benutzten Flüssigkeit, f die Frequenz des Schwingquarzes und w die Länge der Zelle ist. Diese Tatsache läßt die Verwendung einer Zellenflüssigkeit mit geringer Schallschnelle, in der sich die Schallwellen außerdem möglichst weit ausbreiten können, ohne eine merkliche Dämpfung zu erleiden, sowie einer hohen Anregungsfrequenz geboten erscheinen. Einer beliebigen Steigerung der Anregungsfrequenz steht jedoch die Erscheinung entgegen, daß die Dämpfung mit zunehmender Frequenz größer wird. Anderseits ist zur Erzielung einer Quarzbedämpfung, die so groß ist, daß ein Frequenzband von mindestens $2 \cdot 10^6$ Hz noch einwandfrei übertragen werden kann, die Verwendung zäher und schwerer Flüssigkeiten nötig; die Schallschnelle solcher Flüssigkeiten ist bekanntlich aber sehr groß; außerdem dämpfen sie die Schallwelle sehr stark. Eine beliebige Steigerung der Zellengüte ist wegen der genannten Nebenbedingungen also nicht möglich. Am brauchbarsten erwies sich als Zellenflüssigkeit Paraffinöl und als Anregungsfrequenz eine Frequenz in der Größenordnung von $10 \cdot 10^6$ bis $20 \cdot 10^6$ Hz. Die Länge solcher Zellen kann etwa 5 cm betragen, ohne daß eine merkliche Dämpfung eintritt. Wichtig ist, daß das Licht die Zelle in der Wellenebene der Schallwelle, also parallel zur Quarzoberfläche, durchsetzt, da sonst keine reinen Schwärzen und Lichter im Bild herstellbar sind. Auch dieser Forderung läßt sich nur annähernd entsprechen, indem eine punktförmige Lichtquelle praktisch nicht realisierbar ist, so daß mit Randstrahlen gerechnet werden muß, die die Zelle schräg durchsetzen, wie Abb. 4a zeigt, und dabei einen Bereich mit wechselndem Brechungsindex durchlaufen, der um so größer ist, je breiter die Zelle ist; daneben ist jedoch zu beachten, daß die Steuerwirkung der Zelle um so kräftiger ist, je breiter die Zelle ist. Damit kommt zum Ausdruck, daß mit möglichst punktförmigen Lichtquellen gearbeitet werden muß, wenn man die Zellenbreite auf Kosten der Steuerwirkung nicht unnötig verkleinern will, bei allem aber eine wenn auch geringe Verflachung der Schwarz-Weiß-Unterschiede zugelassen werden muß. Die Höhe einer Ultraschallzelle endlich ist begrenzt durch die Kapazität der Quarzelektroden, die proportional mit der Ausdehnung größer wird, zur Erzielung eines guten elektrischen Wirkungsgrades aber nicht sehr groß sein darf; praktisch erwiesen sich Höhen von etwa 1 cm als durchaus noch brauchbar. Da sich die Schallschnelle mit der Temperatur ändert, ist schließlich die Temperatur der Zellenflüssigkeit sorgfältig festzuhalten; den Verlauf der Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Flüssigkeiten mit der Temperatur zeigt Abb. 4b. Ein Vergleich der Ultraschallzelle mit der Kerrzelle führt zu der Feststellung, daß bei Kerrzellen die nötige Steuerspannung zwischen 1000 und 2000 V liegt, während die Ultraschallzelle bei einer Betriebsfrequenz von $20 \cdot 10^6$ Hz mit einer Spannung von weniger als 200 V aus-



a Einfluß der endlichen Ausdehnung der Lichtquelle
b Schallschnelle in Abhängigkeit von der Temperatur in verschiedenen Flüssigkeiten

Abb. 4. Vorgänge in der Ultraschallzelle.

gesteuert ist. Als weiterer Vorteil kann die Tatsache angeführt werden, daß in der Ultraschallzelle nur halb soviel Licht absorbiert wird wie in einer Kerrzelle, so daß die Ultraschallzelle der Kerrzelle nicht nur elektrisch, sondern auch optisch überlegen ist. *E. C. M.*

DK 621.396.821.029.6

Ultrakurzwellenübertragung und atmosphärische Störungen. [Nach C. R. Englund, A. B. Crawford u. W. W. Mumford, Bell Syst. techn. J. 17 (1938) S. 489; 30 S., 19 Abb.]

Die Versuche wurden über eine Meeresstrecke von 112,6 km zwischen Highlands, New Jersey und East Moriches auf Long Island unternommen. Der Empfänger befand sich 300 m unter dem Horizont. Der Wellenlängenbereich lag zwischen 1,6 und 5 m. Die Versuche dehnten sich an 100 Tagen über 2 Jahre aus. Es wurden horizontal und vertikal polarisierte Wellen verwandt. An 45 Tagen wurden mit vertikal polarisierten Wellen Versuche während der Flüge des Wetterdienstes gemacht.

Schwunderscheinungen traten praktisch immer auf. Die Amplitudenänderungen betrugen bis 4 Neper mit etwa 5 Schwunderscheinungen in der Minute. Gleichzeitige Beobachtung der horizontalen und vertikalen Welle ergaben, daß die horizontal polarisierte Welle immer den größeren Schwund zeigte. Irgendeine Beziehung zwischen den beiden Polarisationsrichtungen ließ sich nicht feststellen. Ebenso war bei gleichzeitiger Beobachtung verschiedener Wellenlängen der Schwund bei der kleineren Wellenlänge größer. Auch hier gab es keine Übereinstimmung. Nur für den Typ der langsamen glatten und wellenförmigen Amplitude des Schwunds wurde zwischen den verglichenen Paaren eine Übereinstimmung gefunden.

Die Erscheinungen werden wie folgt theoretisch erklärt. Die Schwunderscheinungen entstehen durch Interferenzen der direkten an der Oberfläche der Erde entlang laufenden Strahlung und einer Komponente, die an der Grenze von Luftschichten reflektiert wird. Die Höhe dieser Luftgrenzenschicht wurde zwischen 1,9 und 5,5 km gemessen. Diese Interferenzen treten nur in der Entfernung vom Sender auf, bei der die Komponenten

Digitized by Google

der direkten und reflektierten Strahlung annähernd gleich groß sind. Die Entfernung schwankt natürlich mit der Veränderung der Luftschichtgrenze. Denselben Effekt der Entfernungsänderung bei gegebener Grenzschichthöhe ruft die Änderung der Wellenlänge hervor. Die verschiedene Stärke der Schwunderscheinungen bei verschiedener Polarisation erklärt sich daraus, daß die direkte Komponente der horizontalen Polarisation kleiner ist als die der vertikalen, daß aber die reflektierte Komponente der horizontalen Welle gleich der direkten Komponente ist. Bei Flugversuchen zeigte sich eine gute Übereinstimmung der Grenzberechnung aus den Versuchen mit atmosphärischen Messungen. Bei allen Versuchen lag die Schwundamplitude beträchtlich unter der Amplitude der Sprachmodulation, so daß immer eine gute Verständigung gewährleistet war. *Thi.*

DK 621.395.34

Serienanschlüsse und Landgruppenstellen im vollautomatischen Fernsprechbetrieb. [Nach O. Moser, Techn. Mitt. schweiz. Telegr.- u. Teleph.-Verw. 17 (1939) S. 1; 5½ S., 13 Abb.]

Bei der fortschreitenden Umwandlung von handbedienten Vermittlungsämtern in Wählerämter tritt vor allem in schwachbevölkerten Gegenden die Aufgabe auf, die weit voneinanderliegenden Sprechstellen, die bisher im Ortsbatteriebetrieb über eine Gemeinschaftsleitung an dem Handamt angeschlossen waren, nunmehr auf den vollselbsttätigen Betrieb umzustellen, ohne neue kostspielige Einzelanschlüsse herstellen zu müssen. In der Schweiz verwendet man hierzu Serienanschlüsse, die es gestatten, bis zu 10 Teilnehmer parallel an eine Anschlußleitung anzuschließen, wobei das Mithören eines Gespräches ausgeschlossen ist. Die Einrichtungen gewährleisten einen vollselbsttätigen abgehenden, ankommenden und internen Sprechverkehr. Im Amt besitzt jeder Teilnehmer einen ihm zugeordneten Gesprächszähler mit Einfachzählung im Orts- bzw. Internverkehr und Mehrfachzählung im Fernverkehr. Die Sprechstelle besteht aus einem normalen Fernsprechwählapparat und einer Kassette mit den Schaltmitteln (3 Relais und 1 Wählerrelais) für den Gemeinschaftsbetrieb. In der Kassette ist eine Fallklappe vorhanden, die den Teilnehmern anzeigt, daß die Leitung durch einen Partner belegt ist.

Für die Anschaltung des rufenden oder des angerufenen Teilnehmers an die Gemeinschaftsleitung enthält jedes Wählerrelais eine Scheibe mit einer Nocke. Diese Nockenscheibe ist von Teilnehmer zu Teilnehmer anders eingestellt, so daß bei den einzelnen Stellungen der Nockenscheibe jeweils ein anderer Teilnehmer an die Leitung angeschaltet wird. Eine Stromquelle ist in der Kassette nicht vorhanden.

Im Amt ist vor dem Vorwähler eine Übertragung eingeschaltet, die im wesentlichen 13 Relais, 1 Drehwähler als Mitläufer für interne Verbindungen, 1 Drehwähler als Abgreifer für den ankommenden Verkehr und 1 Drehwähler als Markierwähler zur Kennzeichnung des rufenden Teilnehmers sowie 10 Gesprächszähler besitzt.

An Hand eines Schaltungsschemas beschreibt der Verfasser den abgehenden, ankommenden und internen Verkehr. Beim ankommenden Verkehr ist noch bemerkenswert, daß am Leitungswähler für einen Serienanschluß zu 10 Teilnehmern auch 10 Rufnummern besetzt sind, so daß die Teilnehmer normale aber aufeinanderfolgende Rufnummern besitzen. Für diese 10 Anrufnummern sind die a- und b-Adern (Sprechadern) des Leitungswählers unter sich parallel geschaltet, während die zehn c-Adern (Prüfadern) einzeln zur Übertragung geführt sind, um den gerufenen Teilnehmer kennzeichnen zu können.

Verkehrsbeobachtungen haben ergeben, daß während der Zeit, wo die Leitung für eine ankommende oder abgehende Verbindung belegt ist, äußerst selten andere Partner desselben Gemeinschaftsanschlusses die Leitung benutzen möchten. Die Störungsanfälligkeit hat sich als gering erwiesen. Serienanschlüsse dieser Art sind in dem nördlichen Teil der Netzgruppe Biel vorhanden.

Wo es sich darum handelt, kleine geschlossene Ortschaften mit wenig Fernsprechanschlüssen an ein weiter entfernt liegendes Wähleramt mit geringen Kosten anzuschließen, verwendet man mit Vorteil „Landgruppenstellen". In den Netzgruppen Biel und Lausanne wurden Landgruppenstellen verwendet, an die man 1 bis 3 Verbindungsleitungen anschließen kann, wobei die kleinere Ausführungsform für 18 und die größere für 50 Teilnehmer im Endausbau bestimmt ist. Es können auch Gebührenmelder, Zweier-Gemeinschaftsanschlüsse und Münzfernsprecher für den Orts- und Fernverkehr angeschlossen werden.

Die 18er-Landgruppenstelle besteht aus einem Gehäuse aus Eisenblech, in welchem die notwendigen Relais für die 18 Teilnehmer sowie für jede Amtsleitung zwei 25teilige Drehwähler, wovon der eine als Anrufsucher und der andere als Leitungswähler verwendet wird, untergebracht sind. Ferner enthält die Gruppenstelle eine 12 V-Batterie, die im Ruhezustand über eine Verbindungsleitung aus der 60 V-Amtsbatterie geladen wird.

Im Amt ist je Amtsleitung eine Rückruf-Übertragung mit den erforderlichen Relais und einem 50teiligen Drehwähler vorhanden. Der Verfasser beschreibt in gedrängter Form den abgehenden, ankommenden und internen Verkehr. Die Gesprächszähler sind nicht im Amt sondern in der Landgruppenstelle eingebaut und werden vom Amt aus durch die entsprechende Anzahl Zählimpulse in Form von Wechselstromstößen von 50 Hz betätigt.

Die 50er Landgruppenstellen sind in ihrem Aufbau kleinen Landzentralen ähnlich. Für den abgehenden Verkehr sind 50teilige Drehwähler als Anrufsucher und für den ankommenden Verkehr Heb-Drehwähler als Leitungswähler vorhanden. Für den internen Verkehr ist ein Umsteuerwähler vorgesehen. Die Amtsübertragung besitzt u. a. einen Mitlaufwähler und einen Mischwähler. Bei Bedarf erfolgt die Gesprächszählung nach Zeit und Zone. Zur Stromversorgung besitzt die Gruppenstelle eine 24 V-Batterie, die dauernd durch einen Trockengleichrichter geladen wird. Die Landgruppenstellen haben sich im Betrieb gut bewährt. *Sbk.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.396.11.029.6

Die Uebertragung ultrahochfrequenter Schwingungen längs zylindrischen Leitern und Nichtleitern. [Nach H. W. Droste, Neumayer Mitt. Nr. 7 (1939) S. 1; 23½ S., 5 Abb. und Telegr.-Fernspr. u. Funktechn. 27 (1938) H. 6, 7, 8 u. 9.]

Im Jahre 1893 untersuchte J. J. Thomson die Wellenausbreitung eines zylindrischen Leiters, der von einem Dielektrikum umgeben ist, welches seinerseits wiederum durch einen metallischen Zylinder abgeschlossen ist. Aus diesen Überlegungen entwickelte sich die heutige Breitbandkabeltechnik, welche besonders durch die Arbeiten Sommerfelds, Hondros, Debyes u. a. gefördert wurde. In neuerer Zeit werden nun immer höhere Frequenzen in den Dienst leitungsgebundener Nachrichtentechnik gestellt (Fernsehübertragung auf Leitungen, Drahtfunk u. a.), so daß es notwendig wurde, die elektrische Wellenausbreitung durch dielektrischen Hohlzylinder, der von einem leitenden Zylinder (Rayleigh) oder von einem Dielektrikum umgeben ist (Debye, Hondros, Schriever), näher zu untersuchen. Bei diesen reinen mathematischen Untersuchungen stellte es sich heraus, daß eine symmetrische Welle mit einer in Richtung der Achse magnetischen Komponente besonders nutzbringend zu sein scheint, weil sie mit wachsender Frequenz eine abnehmende Dämpfung besitzt.

Sieht man diese Frage physikalisch an, so handelt es sich um eine Erscheinung, die zwischen drahtgebundener und drahtloser Wellenübertragung liegt und sich von der ersteren dadurch unterscheidet, daß sie keine Rückleitung benötigt, und von der letzteren, daß sie nicht ausstrahlt.

Bei der theoretischen Behandlung dieser Fragen geht man zunächst von den Maxwellschen Feldgleichungen aus, die für ein ruhendes elektromagnetisches Feld gelten. Aus diesen gewinnt man für den vorliegenden Fall recht komplizierte Lösungen für das elektrische und magnetische Feld, die mit Hilfe von Zylinderfunktionen n-ten Grades mathematisch exakt ausgedrückt werden.

Aus den möglichen mathematischen Lösungen müssen die physikalisch sinnvollen ausgewählt werden, um zu Grenzbedingungen zu gelangen, welche der Wirklichkeit entsprechen. So kommen für einen Träger, dessen Mittelachse mit der z-Achse des Koordinatensystems zusammenfällt, wo also $r = 0$ ist, die Neumannschen Funktionen nicht in Frage, weil sie für das Argument 0 unendlich werden, so daß also hier nur eine Lösung mit einer Besselfunktion $I_n(x)$ in Frage kommt. Für einen Hohlträger kommen dagegen Bessel- und Neumannfunktionen in Frage, die man aber hier besser durch Hankelfunktionen ersetzt, weil diese symmetrischer sind. In Betracht kommen Hankelfunktionen 1. Art $[H_n^{(1)} x]$ und 2. Art $[H_n^{(2)} x]$[1].

Auch für einen inneren Träger lassen sich Hankelsche Funktionen anwenden, indem man $I_n(x) = 1/2 \cdot [H_n^{(2)} x + H_n^{(1)} x]$ setzt. Die Beliebtheit Hankelscher Funktionen bei solchen Ab-

[1] Für ein eingehendes Studium der Zylinderfunktionen sei auf das vortreffliche Buch Weyrich „Die Zylinderfunktionen", B. G. Teubner Berlin 1937 verwiesen.

Digitized by Google

leitungen liegt darin, daß sie von allen Zylinderfunktionen mit unendlich werdenden komplexem Argument verschwinden, und zwar die 1. Art, wenn der Imaginärteil von H_n des Argumentes positiv, und die 2. Art, wenn der Imaginärteil des Argumentes negativ ist.

Mit diesen mathematischen Hilfsmitteln werden aus den allgemeinen Lösungen die für unsere Aufgabe in Frage stehenden ausgewählt, und es ergeben sich dabei zwei Arten von Wellen: die magnetischen und elektrischen Wellen. Handelt es sich um eingeschwungene Zustände, so treten nach Hondros zwei Wellen auf, von denen die eine nur wenig gedämpft ist und eine große Phasengeschwindigkeit besitzt. Das ist die Hauptwelle nach Hondros. Ist die Welle stark gedämpft und ihre Phasengeschwindigkeit von der Lichtgeschwindigkeit stark abweichend, so handelt es sich um die Nebenwelle von Hondros. In der Arbeit von Droste werden nun mathematisch die Beziehungen der Wellenübertragung und die einzelnen Übertragungskonstanten für einen leitenden Zylinder, der sich in einem bis ins Unendliche erstreckendem Dielektrikum befindet, ferner für ein zylindrisches Dielektrikum, das von einem dicken metallischen Hohlleiter umgeben ist, und schließlich für ein zylindrisches Dielektrikum, welches von einem sich bis in das Unendliche erstreckendem zweiten Dielektrikum umschlossen ist, hergeleitet. In einer ausführlichen Tafel sind die Ergebnisse übersichtlich durch kurze Formeln zusammengestellt. Weiterhin zeigen einige Kurvenbilder das Verhalten der magnetischen und elektrischen Wellen. Die vielen Einzelheiten der Arbeit können hier nicht angegeben werden und müssen in dieser nachgelesen werden. [Anm. d. Berichters: Der vorliegende Aufsatz eignet sich vorzüglich zum Einarbeiten in den Gebrauch der Zylinderfunktionen, so daß der Inhalt nicht nur für den Kabeltechniker, sondern auch für jeden mathematisch arbeitenden Ingenieur und Physiker von Interesse ist.] *Hsr.*

DK 537.529

Entladeverzug fester Isolierstoffe. [Nach R. Strigel, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 18 (1939) S. 101; 19 S., 22 Abb.]

Der Durchschlag fester Isolierstoffe ist sowohl für statische wie für Stoßbeanspruchung nur wenig erforscht. Die bisher vorliegenden Arbeiten, die auch heute noch als grundlegend angesehen werden, beruhen zum Teil noch auf Funkenstreckenmessungen. Sie geben noch kein zusammenhängendes Bild, da sie teils Einzeluntersuchungen darstellen, teils sich mit der Aufklärung physikalischer Einzelprobleme befassen.

Die vorliegende Arbeit untersucht zum ersten Mal an einer größeren Reihe von Isolierstoffen, nämlich an trockenem, paraffiniertem und ölgetränktem Preßspan in Luft, an Nitrozellulosefilm in Luft, an Glimmerblättchen in Luft, an Resistit, Porzellan und Glas in Öl, den Entladeverzug in einem möglichst gleichförmigen und im ungleichförmigen Feld mit einem neuzeitlichen Meßgerät, dem Zeittransformator[1]). Es gelangten somit Isolierstoffe der verschiedenartigsten Struktur zur Untersuchung: So ist Glas als amorpher Körper anzusehen, dessen Zustand mit dem einer unterkühlten Flüssigkeit Ähnlichkeit hat, während Glimmer Kristall-, Porzellan kristalline Struktur besitzt. Resistit ist ein geschichteter Isolierstoff, der aus Glimmerblättchen besteht, die mit Schellack auf Papier aufgeklebt sind und bei dem die einzelnen Lagen dieses Papiers aufeinandergestapelt warm gepreßt werden. Preßspan ist ein Faserstoff, Nitrozellulose schließlich ein rein organischer Isolierstoff.

Für alle diese verschiedenartigen Isolierstoffe ergibt sich, daß die Verteilungskurve denselben statistischen Gesetzmäßigkeiten unterworfen ist wie in Luft und in flüssigen Isolierstoffen[2]): Es muß zunächst ein gewisser Zeitabschnitt verstrichen sein, bis überhaupt ein Durchschlag möglich ist, nach dieser Zeit nimmt die Anzahl der Versuche, die bei der dazugehörigen Entladeverzugszeit noch nicht zum Durchschlag geführt haben, nach einer e-Funktion ab.

Man kann also den Entladeverzug fester Isolierstoffe ebenfalls einteilen in zwei Zeitabschnitte: in eine eigentliche Aufbauzeit der Entladung, die zugleich den kürzestmöglichen Entladeverzugswert darstellt, und dann in eine zusätzliche statistische Streuzeit. Hinsichtlich der Spannungsabhängigkeit des Entladeverzugs kann man 2 Gruppen fester Isolierstoffe unterscheiden. Während bei Isolierstoffen mit Kristall- bzw. kristalliner Struktur schon bei Stoßverhältnissen (Stoßverhältnis = angelegte Stoßspannung zu statischer Durchschlagswechselspannung) von nur 1,2 die Aufbauzeiten oft weit unter 1 µs liegen, treten bei faserhaltigen Isolierstoffen derart kurze Aufbauzeiten erst bei Stoßverhältnissen über 2,0 auf.

Wichtig sind die Folgerungen, die sich aus diesen Untersuchungen für die Stoßfestigkeit elektrischer Isolierstoffe ziehen lassen. In gleichförmigem und ungleichförmigem Feld liegt die Stoßfestigkeit fester Isolierstoffe im allgemeinen zwischen derjenigen von Luft- und Ölisolation; lediglich bei Entladeverzugszeiten unter 0,1 µs überschreitet die Kennlinie für die Stoßfestigkeit faserhaltiger Isolierstoffe diejenige von Öl hoher statischer Durchschlagsfestigkeit. Anderseits wird aber Luft in ungleichförmigen Feldanordnungen stoßfester als feste Isolierstoffe kristalliner Natur bei gleichförmiger Feldbeanspruchung. *Vb.*

[1]) M. Steenbeck u. R. Strigel, Arch. Elektrotechn. 26 (1932) S. 831 — R. Strigel, Z. Instrumentenkde. 57 (1937) S. 65.

[2]) R. Strigel, Wiss. Veröff. Siemens-Werk 11 (1932) S. 52 u. Arch. Elektrotechn. 26 (1934) S. 671.

Physik.

DK 621.385.1.029.64

Zur Theorie der Barkhausen-Kurz-Röhre. [Nach B. Kockel u. B. Mrowka, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 42; 4 S., 3 Abb.]

Für die Wirkungsweise der Barkhausen-Kurz-Röhre erscheint die Klärung einzelner Teilfragen interessant. Daher werden zwei Anordnungen untersucht, bei denen sich Elektronen in einer elektrischen Potentialmulde bewegen. Dieses Verfahren der Erzeugung elektrischer Schwingungen beruht auf der Kopplung eines Schwingungskreises mit einer Elektronenströmung durch das Wechselfeld des Schwingkreises. Bei der ersten Anordnung bewegen sich die Elektronen wie in der Barkhausen-Kurz-Röhre parallel zu den Kraftlinien. Die Rechnung erfolgt unter der Voraussetzung ebener Elektroden, einer gewissen Gitterabsorption, einem Arbeitspunkt im Sättigungsgebiet und unter Vernachlässigung der Elektronenaustritts-Geschwindigkeit. Außerdem werden für den Potentialverlauf zwei verschiedene Ansätze gemacht, in denen die Ortsfunktion beliebig gewählt ist. Es ergibt sich: die Barkhausen-Kurz-Röhre wirkt für die Frequenzen $\omega \sim n\,\omega_0$ ($n = 1, 2, 3$) entdämpfend, wobei ω_0 die dem Potentialverlauf entsprechende Pendelfrequenz bedeutet. Diese Entdämpfung sinkt gegenüber derjenigen für die Grundschwingung ω_0 mit steigendem n stark ab. Bei vergrößerter Gitterabsorption wird die Entdämpfung geringer, und es werden die Frequenzgebiete der Entdämpfung breiter, wobei innerhalb dieser Gebiete die Stelle stärkster Entdämpfung nach höheren Frequenzen hin verschoben werden.

Bei der zweiten untersuchten Anordnung bewegen sich die Elektronen in der Potentialmulde längs der Gitterebene, d. h. quer zu den Kraftlinien. Da die Elektronenlaufzeit in erster Näherung als konstant angesehen werden kann und auch bei genügendem Plattenabstand keine Aussortierung stattfindet, läßt sich an diesem allgemeinen Modell der Anfachungsmechanismus einfacher übersehen als an der Barkhausen-Kurz-Röhre. Unter der Annahme einer parabolischen Potentialmulde und bei kleinen Schwingungsamplituden der Elektronen ergeben sich auch hier für Wertbereiche ω und ω_0 Gebiete, in denen die Energieabgabe der Elektronen an den Schwingungskreis größer (Entdämpfung) oder kleiner (Dämpfung) ist als die Energieaufnahme. Hierbei ist es nicht nötig, daß die Schwingungsfrequenz mit der Pendelfrequenz oder einem Vielfachen davon annähernd übereinstimmt, wenn Schwingungen angefacht werden sollen. Daher wird für dieses allgemeine Modell auch nicht die Barkhausen-Relation für die Anfachung von Schwingungen erfüllt sein können. Sie hat daher nur für die Barkhausen-Kurz-Röhre eine Bedeutung als Anfachungskriterium. Bei dem Modell ergibt sich für den Resonanzfall $\omega = \omega_0$ gerade Dämpfung. Durch Einschaltung einer „Phasenblende", die den Eintritt von energieentziehenden Elektronen in das Feld verhindert, kann man auch in Gebieten, in denen ohne diese Phasenauswahl Dämpfung eintreten würde, Schwingungen anfachen. Treffen Elektronen infolge der Ablenkung auf die Elektroden auf, so werden Dämpfung und Entdämpfung leistungsmäßig stärker, was auch den Verhältnissen bei der Kathoden- und Anodenaussortierung in der Barkhausen-Kurz-Röhre entspricht. *Drg.*

DK 538.22

Metamagnetismus. [Nach J. Becquerel u. J. van den Handel, J. Phys. Radium 10 (1939) S. 10; 4 S., 2 Abb.]

Ähnlich manchen Eisensalzen, wie Eisenalaun, Kobaltchlorür u. a., die nach kürzlich mitgeteilten Messungen holländischer und russischer Forscher nahe dem absoluten Nullpunkt schwach ferromagnetisch werden, zeigen auch Kristalle aus Mesistit (Eisen-Magnesium-Karbonat) bei sehr tiefen Temperaturen in ihren magnetooptischen Eigenschaften gewisse Unregelmäßigkeiten.

Diese äußern sich insbesondere darin, daß das magnetooptische Drehungsvermögen bei hohen Feldstärken (oberhalb 30 Kilo-Oe) von der Proportionalität abweicht, und zwar stärker anwächst, als der Feldzunahme entspricht. Weiter treten bei rückläufigem Feld Hysterese- und Nachwirkungserscheinungen auf, wobei die Remanenzwerte einige Promille der Höchstwerte ausmachen und das zur Beseitigung der Remanenz erforderliche Gegenfeld (Koerzitivkraft) etwa 2000 Oe beträgt. Es scheint sich also um die Wirkung einer „spontanen Magnetisierung", d. h. um Andeutungen eines ferromagnetischen Verhaltens zu handeln, doch möchten die Verfasser diesen Erscheinungen den — nach Meinung des Berichters nicht ganz glücklich gewählten, weil schon früher und in neuerer Zeit wieder einmal für ganz andere Erscheinungsgruppen vorgeschlagenen — Namen „Metamagnetismus" beigelegt sehen.

Kmn

Chemie.

DK 549 : 620.2

Elastische Deformationen am Seignettesalz. [Nach H. Hinz, Z. Phys. 111 (1939) S. 617; 20 S., 10 Abb.]

Nach der von W. Voigt gegebenen Theorie der Kristallelastizität besitzt ein Seignettekristall als Vertreter des rhombisch-hemiedrischen Systems neun Elastizitätskonstanten. In der vorliegenden Arbeit wird deren Bestimmung auf statischem Weg durch Messung der Elastizitätsmodule durchgeführt. Nach der Theorie errechnen sich die Elastizitätskonstanten für Kristalle, die in Richtung der Kristallachsen geschnitten sind, aus den gemessenen Elastizitätsmodulen E zu $s_{ik} = 1/E$, wobei s_{ik} in der üblichen Bezeichnungsweise die Konstanten s_{11}, s_{22}, s_{33}, s_{12}, s_{13}, s_{23} sind. Die Bestimmung der restlichen drei Konstanten für Kristalle, die unter 45° zu den Kristallhauptachsen geschnitten sind, aus den in den Längsrichtungen gemessenen Elastizitätsmodulen geschieht mittels der Gleichungen: $s_{44} = 4/E_4 - (s_{22} + s_{33} + 2\,s_{23})$, $s_{55} = 4/E_5 - (s_{11} + s_{33} + 2\,s_{31})$, $s_{66} = 4/E_6 - (s_{11} + s_{22} + 2\,s_{12})$. Bei den Versuchen wurden scharfkantige, rechtwinklige Prismen benutzt, die aus einwandfreien Kristallen mittels eines hin und her gehenden, ständig angefeuchteten Seidenfadens, gegen den der Kristall gedrückt wurde, herausgeschnitten und mittels einer besonderen Hobelvorrichtung auf die gewünschte Stärke gebracht wurden. Die Prismen wurden in die in Abb. 5 gezeigte Vorrichtung gebracht. Druckgeber und Kristallhalterung sind hier in einem Rohrsystem untergebracht. Der Druck, der mittels einer Schraube ausgeübt wurde, übertrug sich zunächst auf eine Stahldose, deren Zusammendrückbarkeit geeicht war. Über eine Stahlkugel, einen sauber geführten Bolzen und eine weitere Stahlkugel wurde der Druck auf den Stempel, der auf dem Prisma ruhte, übertragen. Das Kristallprisma war auf einen zylindrischen Messingsockel geklebt, der in einem Topf am Boden des Systems mittels eines Ringkonus und einer Stellschraube festgeklemmt wurde. An einem unteren und an einem oberen waagerechten Querschnitt des Prismas wurden an den vier Seitenflächen mit Wachs und Kolophonium kleine Messingstifte geklebt, welche die bei Ausübung eines Druckes verursachten Längenänderungen auf ein Drehspiegelsystem übertrugen. Es wurde am oberen und am unteren Querschnitt gemessen und die Kontraktion als Differenz der Meßwerte bestimmt; die Messung wurde an vier Seiten ausgeführt, um den Einfluß eines etwaigen

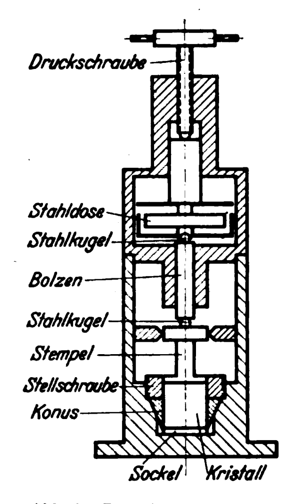


Abb. 5. Druckkammer zur Verformung von Kristallen.

Verkantens des Prismas wegzuheben. Zur Einführung des Übertragungshebels für das Spiegelsystem befanden sich in den entsprechenden Seiten des Sockels der Anordnung, wie sie Abb. 5 zeigt, Fenster. Bei den Messungen wurden durchschnittliche Drücke von $24{,}5 \cdot 10^6$ Bar ausgeübt; bei einer Länge des Lichtzeigers von 6,78 m entsprach der Skalenausschlag von 1 mm einer Längenänderung von 87 mμ. Zur Bestimmung jedes Moduls wurden fünf verschiedene Kristalle in der angegebenen Weise vermessen. Jeder Kristall ergab einen mittleren Modul gemäß der Gleichung $E = \frac{l\,p}{q\,\Delta l}$ kg/mm², wenn l die Länge des gemessenen Abschnittes in mm, p die drückende Kraft in kg[1], q der belastete Querschnitt in mm² und Δl die

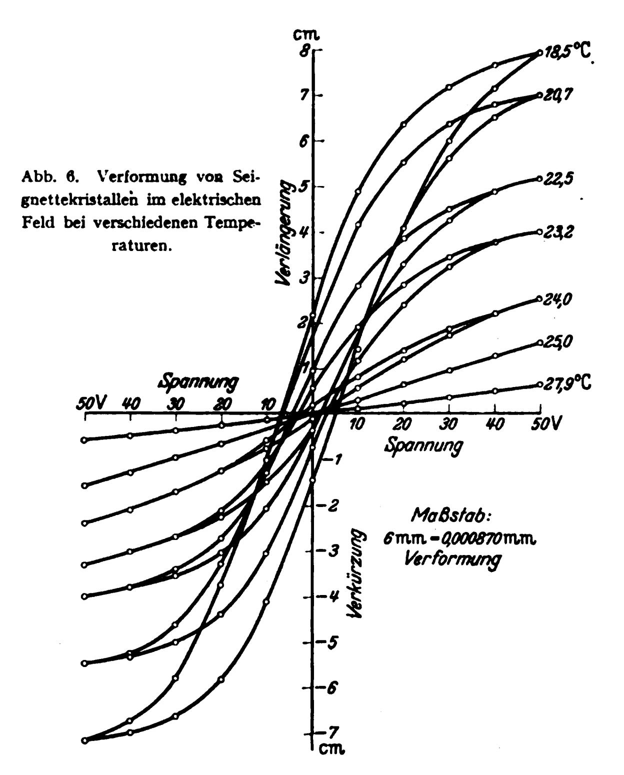


Abb. 6. Verformung von Seignettekristallen im elektrischen Feld bei verschiedenen Temperaturen.

gemessene Verlängerung in mm ist, bezogen auf die vier Seiten. Nach Umrechnung der als Gesamtmittel aus den Mittelwerten für die fünf Versuchskristalle erhaltenen Elastizitätsmodule gemäß den eingangs angeführten Beziehungen ergaben sich die in Zahlentafel 1 zusammengestellten Elastizitätskonstanten, denen zum Vergleich bisher bekannte Meßwerte gegenübergestellt sind. Schließlich wurden Messungen zur Bestimmung der Verformung im elektrischen Feld durchgeführt. Untersucht wurden Kristalle, die unter 45° zu den Hauptachsen aus dem gezüchteten Stoff herausgeschnitten waren und als Elektroden Zinnfolien, die mit alkoholfreiem Acetonlack aufgeklebt waren, trugen; ihre Dicke betrug 1 mm. Die Belege, die die Kristallflächen bis zum Rand bedeckten, hatten eine Größe von 40 × 15 mm²; es wurde mit Spannungen bis zu 50 V gearbeitet. Die eintretende Längenänderung wurde wieder mittels des Drehspiegels gemessen; sie war in gut meßbarer Größe nur beim Schnitt ⊥ a, 45° b, c nachweisbar. Die bei verschiedenen Temperaturen, die mit Thermostaten festgehalten wurden, gemessenen Verformungen zeigt Abb. 6. Zum Nachweis der aus den Voigtschen Theorien zu folgernden Tatsache, daß es beim

[1]) Vom Verfasser irrtümlich als Druck bezeichnet.

Zahlentafel 1.

Elast. Konst. (mm²/kg)	s_{11} 5,13	s_{22} 3,36	s_{33} 3,18	s_{44} 9,44	s_{55} 33,09	s_{66} 11,55	s_{12} —2,14	s_{13} —1,66	s_{23} —1,31
Elast. Mod. (kg/mm²) · 10³ stat. gemessen	E_1 1,95	E_2 2,98	E_3 3,14	E_4 2,99	E_5 1,05	E_6 2,54	E_7 —4,68	E_8 —6,01	E_9 —7,66
Elast. Mod. (n. Mandell)				2,64	1,21	2,85			
Elast. Mod. (dyn.) nach									
Mattiat					1,03				
Davies				3,10	0,93	2,57			
Hiltscher				3,20					

Digitized by Google

Seignettesalz eine Dickenänderung, wie sie beim Quarz eintritt, nicht gibt, wurde ein quadratischer Kristall von 1 mm Dicke und 20 mm Kantenlänge untersucht. Es konnte nachgewiesen werden, daß der Verlängerung in der einen Richtung eine ebenso große Verkürzung in der dazu senkrechten Richtung entsprach, während die Dicke die gleiche blieb. *E. C. M.*

DK 621.315.61.001.5 : 54

Die Forschungsaufgaben der Chemie auf dem Gebiete der Hochspannungsisolierstoffe. [Nach F. M. Clark, Electr. Engng. 57 (1938) S. 489; 4 S., 1 Abb.]

Die Probleme der Hochspannungsisolierstoff - Technik können sowohl unter Anwendung physikalischer, als auch unter Anwendung chemischer Verfahren in Angriff genommen werden. Während die bisher mit Vorzug angewendeten physikalischen Forschungsverfahren zwar eine Beschreibung des Verhaltens von Isolierstoffen unter den verschiedenen Betriebsbedingungen ermöglichen, haben die chemischen Forschungsverfahren den Vorteil, die ursprünglicheren zu sein und die Ursachen der physikalischen Erscheinungen aufzudecken. F. M. Clark ist der Ansicht, daß viele Vorgänge, die vielfach schlechtweg als physikalisch betrachtet werden, rein chemischer Natur sind und daß das Auftreten der physikalischen Erscheinungen nur die vollzogene chemische Veränderung anzeigt. Dies gilt insbesondere für die wichtigen Isolierstoffe: Isolierpapiere und Isolieröle.

So ist der elektrische Wärmedurchschlag ursächlich gesehen nicht eine Folge des Anwachsens des Verlustwinkels, sondern das Anwachsen des Verlustwinkels hat seine Ursache in einer chemischen Veränderung des Isolierstoffes unter dem Einfluß des elektrischen Feldes, der Wärme und des Sauerstoffes. Die wichtigste Eigenschaft der Hochspannungsisolierstoffe ist daher nicht die elektrische Durchschlagsfestigkeit an sich, sondern die chemische Stabilität des Stoffes und damit seiner Eigenschaften. Die üblichen Durchschlagsversuche an Isolierstoffen sind keine Prüfung auf diese Haupteigenschaft, sondern vielmehr eine Prüfung, um Verunreinigungen und Fremdkörper festzustellen. Die Erzielung hoher chemischer Stabilität der Hochspannungsisolierstoffe ist daher die wichtigste der auf diesem Gebiete dem Chemiker zufallenden Aufgabe. Die Molekülstruktur des Stoffes ist für diese Eigenschaft maßgebend. Die Moleküle müssen gegen elektrische Beanspruchungen, Wärme und Sauerstoff stabil gebaut werden. Dies gelingt auf dem Wege der Synthese; Naturprodukte sind vielfach ungeeigneter als künstlich aufgebaute Verbindungen und schwerer in ihren Eigenschaften zu beeinflussen als diese. Das Verhalten von Mineralölen im Gegensatz zu synthetischen Ölen ist hierfür ein geeignetes Beispiel. Das Stabilitätsproblem wird insbesondere schwierig, wenn Kompositionen mehrerer Isolierstoffe, beispielsweise Öl und Papier auftreten, da nicht das Stabilitätsverhalten der Komponenten, sondern der Komposition maßgebend ist. Dies gilt auch, wenn irgendwelche Mittel angewandt werden, um bei mangelnder Stabilität eines Stoffes durch Zusätze chemische Veränderungen, z. B. Oxydation, zu verhindern. Nicht die stabilisierende Wirkung solcher Oxydationsverhinderer ist dabei ausschlaggebend, sondern das Gesamtverhalten der dabei entstehenden Isolierstoffkomposition bestimmt die Eignung. Erfahrungen aus anderen Anwendungsgebieten sind nur selten auf die Verhältnisse der Hochspannungstechnik übertragbar.

Große Bedeutung kommt den im Betrieb fast immer auftretenden Verunreinigungen von Isolierstoffen, besonders bei Isolierölen zu. Auch hier ist wieder die chemische Natur der durch die Verunreinigung entstehenden Veränderung des ursprünglichen Stoffes allein maßgebend. Von zwei Isolierölen gleicher spezifischer Isolierfähigkeit kann je nach der chemischen Art der durch Verunreinigung hervorgerufenen Veränderung das eine brauchbar und das andere unbrauchbar sein. Nicht der zahlenmäßige Wert von Isolationseigenschaften ist also ein Maß für die Brauchbarkeit eines solchen Isolieröles, sondern das chemische Verhalten im verunreinigten Zustand.

Die für den Kondensatorbau benötigten Isolierstoffe, die stärker beansprucht werden als Isolierstoffe in irgendwelchen anderen elektrischen Apparaten, erfordern neben hoher Stabilität der Eigenschaften eine möglichst hohe Dielektrizitätskonstante. Der Chemiker ist in der Lage, die Dielektrizitätskonstante in gewissen Grenzen durch den Molekülaufbau zu wählen. So ist es heute schon gelungen, durch Anwendung von chloriertem Diphenyl an Stelle von Mineralölen die Größe der Kondensatoren je Blindleistungseinheit um 50% zu verringern.

Der Chemie fallen also eine Reihe höchst wichtiger Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Hochspannungsisolierstoffe zu. Würde es sich lediglich um die Beschreibung und Klassifizierung vorhandener Stoffe unter den möglichen Betriebsbedingungen handeln, würde die physikalische Forschung ausreichend sein. Das Ziel ist jedoch die Verbesserung der Eigenschaften und die Erzeugung neuer, vollkommenerer Isolierstoffe und dazu ist die Kenntnis der chemischen Vorgänge nötig. Die elektrophysikalischen Versuche sind nur Werkzeuge auf diesem Forschungsweg. *Zgr.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 620.2 : 621.332.31

Verwendung von Heimstoffen im Fahrleitungsbau. [Nach W. Lang, Verkehrstechn. 20 (1939) S. 49; 3½ S., 8 Abb.]

Zur Zeit sind insgesamt etwa 45 km Heimstoff-Fahrleitungen bei der Reichsbahn, den Straßenbahnen (15 km) und einigen Kohlengruben in Betrieb; die Versuche erstrecken sich über 1 bis 3 Jahre. Als Ersatz für Kupferfahrleitungen kommen in Frage: Kupfer-Panzer-Stahlfahrdraht (KPS-Fahrdraht), Aldrey-Fahrdraht, Eisenfahrdraht, Stahl-Aluminium-Fahrdraht (Stalu-Fahrdraht), Verbund-Fahrdraht. Der KPS-Fahrdraht, bestehend aus Stahlseele und Kupfermantel, ist kein reiner Heimstoff-Fahrdraht; er hat überdies den Nachteil geringerer Leitfähigkeit als dem Fe- und Cu-Anteil entspricht, da an der Stoßstelle beider Metalle eine chemische Verbindung geringer Leitfähigkeit besteht. Aldrey, eine Al-Legierung, hat sich für Fahrdrähte nicht bewährt infolge geringer Verschleißfestigkeit und die funkenfreie Stromabnahme störender Riffelbildung. Bei Fe-Fahrdraht ist die Stromabnahme, wenn auch mit etwas stärkeren Funken als bei Cu, und die Verschleißfestigkeit gut; störend ist die geringe Leitfähigkeit von je nach Fe-Art 7 bis 9, so daß Fe praktisch nur für die Stromabnahme, nicht für die Stromzuführung in Frage kommt. Dies ist bei dem Verbund-Fahrdraht verwirklicht, bei dem ein normalprofiliger Fe-Fahrdraht als Stromabnahmeteil mittels besonderer Klemmen an einem dicht darüber liegenden Al-Tragseil hängt. Gewisse Gefahren bestehen hier bezüglich des Rostens. Erfahrungen zeigten, daß schon nach einem Jahr Durchmesserverringerungen durch Rosten von 1 mm auftreten. Verlegen und Unterhalten eines Verbund-Fahrdrahtes ist wegen der Vielteiligkeit teurer und schwieriger als bei Cu- oder Stalu-Fahrdraht. Bei letzterem, dem bisher bestbewährten Heimstoff-Fahrdraht, ist ein Stahlteil als Lauffläche schwalbenschwanzartig in einen Aluminiumteil, der die Stromführung übernimmt, eingelassen. Beide Werkstoffe sind gemeinsam gezogen; sie können sich nicht gegeneinander verschieben und trennen sich bei schwierigen Biege-, Wickel- und Verdrehungsproben nicht. Wichtig ist, daß der Stromabnehmer nur den Fe-Teil berührt, wodurch die Querschnittsgestaltung bedingt wird. Es ist 170 mm² Stalu $\triangleq$ 80 mm² Cu, 210 mm² Stalu $\triangleq$ 100 mm² Cu. Günstigstes Verhältnis von Fe zu Al ist 1 : 2,5 bis 2,65. Bei letzterem Verhältnis beträgt die Leitfähigkeit 24,8. Als Stromabnehmer können verwendet werden Rolle, Gleitschuh und Bügel aus Bronze, Grauguß, Kohle oder Al. Die Lebensdauer des Stalu-Fahrdrahtes kommt der des Cu-Fahrdrahtes nahe. Für Tragseile haben sich Al, Aldrey und Stalu bewährt. Für Klemmen erscheint eine Al-Mg-Si-Legierung am besten geeignet, doch läßt sich zur Zeit über deren Lebensdauer noch nicht viel aussagen. An Stelle von Cu-Legierungen wird auch Temperguß verwendet, vor allem bei Trennern, Weichen und Kreuzungen. Die Ersparnismöglichkeit beträgt für alle Straßenbahnen Deutschlands an Fahrdraht und Zubehör rd. 8500 t Cu, wovon jährlich rd. 220 t durch Verschleiß unwiderbringlich verlorengehen. Der Mehrpreis einer Fahrleitungsanlage gegenüber Cu beträgt beim KPS-Fahrdraht 20 bis 25%, beim Verbund-Fahrdraht 50% und beim Stalu-Fahrdraht 230 bis 250%. *Spi.*

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Klemmenbezeichnungen.

Der Ausschuß für Klemmenbezeichnungen hat die Anregungen und Einsprüche, die zu dem in ETZ 60 (1939) S. 511 veröffentlichten Entwurf von Ergänzungen und Änderungen zu

VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen"

eingegangen sind, ordnungsgemäß behandelt und die in ETZ 60 (1939) S. 1234 veröffentlichten Änderungen gegenüber der ab 1. 12. 1938 gültigen Fassung beschlossen. Für die gegenüber der Entwurfsfassung vorgesehenen Änderungen ist im Anschluß an den Text der Schlußfassung eine Begründung des Ausschusses für Klemmenbezeichnungen gegeben.

Die vorstehend genannte Änderung ist vom Vorsitzenden des VDE im Oktober 1939 genehmigt worden und tritt am 1. Januar 1940 in Kraft.

Ausschuß für Fernmeldeanlagen.

Der Unterausschuß „Galvanische Elemente" des Ausschusses für Fernmeldetechnik hatte einen Entwurf zu

VDE 0807 „Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien"

aufgestellt, der in der ETZ 60 (1939) H. 33, S. 989 veröffentlicht war.

Unter Berücksichtigung der eingegangenen Einsprüche wurden folgende Änderungen vorgenommen:

1. § 5. Fußnote 4).
   Die Übergangsfrist für die Anbringung des Kurzzeichens währt bis zum 1. November 1942.
2. § 6.
   Im 2. Absatz von b) ist „Bei Anodenbatterien...." zu ersetzen durch „Bei Gitter- und Anodenbatterien....".
   Die beiden letzten Absätze unter c) sind zu vertauschen.
3. Tafel I.
   In Spalte 1 sind folgende Kurzzeichen zu ändern:
   EPT in EQT
   EPL in EQL
   EQL in ERL
   BPT 3 in BQT 3
   BPL 3 in BQL 3
   In Spalte 3 ist für die Arbeitsspannung des Elementes EQL (bisher EPL) 1,30 V statt 1,35 V und der Batterie BQL (bisher BPL) 2,6 V statt 2,7 V einzusetzen.
   In Spalte 8 ist „nach der Herstellung" zu ersetzen durch „spätestens 2 Wochen nach der Herstellung".

Die sich hiernach ergebende endgültige Fassung der Vorschriften ist vom Vorsitzenden des VDE im Oktober 1939 genehmigt worden und tritt mit dem 1. November 1939 in Kraft an Stelle folgender Bestimmungen, die zur gleichen Zeit ungültig werden:

VDE 0807/1928 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von galvanischen Elementen",
VDE 0808/1935 „Vorschriften für dreizellige Taschenlampenbatterien" und
VDE 0865/1928 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anodenbatterien".

Neben den Vorschriften hatte der Unterausschuß „Galvanische Elemente" auch einen Normblatt-Entwurf DIN VDE 1210 „Galvanische Elemente und Batterien" fertiggestellt, der in der ETZ 60 (1939) H. 34, S. 1015 veröffentlicht war.

Dieses Normblatt, in dem auf Grund der eingegangenen Einsprüche kleine Änderungen vorgenommen wurden, kann demnächst durch die Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin SW 19, bezogen werden.

Mit dem Erscheinen des Normblattes DIN VDE 1210 verlieren folgende Normblätter ihre Gültigkeit:

DIN VDE 1200 „Batterien für Schwerhörigengeräte"
„ „ 1201 „Taschenlampenbatterien"
„ „ 1205 „Galvanische Elemente: Trockenelemente ZKT, Füllelemente ZKF"
„ „ 1205U Umstellnorm zu DIN VDE 1205
„ „ 1206 „Galvanische Elemente: Naßelemente ZKN"
„ „ 1600 „Rundfunkgeräte: Anodenbatterien".

Im übrigen wird auf den Aufsatz von Herrn C. Drotschmann „Einführung zu den Vorschriften und Normen für galvanische Elemente und Batterien, VDE 0807/X. 39 und DIN VDE 1210" auf S. 1233 hingewiesen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung:
Blendermann

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.

Ablauf von Prüfzeichengenehmigungen.

Am 1. 11. 1939 treten neue „Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien" (VDE 0807/X. 39) in Kraft. Von diesem Zeitpunkt ab erteilt die VDE-Prüfstelle die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens nur noch auf Grund dieser neuen Vorschriften.

Zeichengenehmigungen, welche unter Zugrundelegung der bisher geltenden Bestimmungen ausgesprochen worden sind, verlieren gemäß § 6,1 d der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle ihre Gültigkeit am 30. 4. 1940.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

i. A. Klingenberg i. A. Sass

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Anmerkung: Die Veranstaltungen des Bezirks werden vorläufig nur in der „Elektrotechnischen Zeitschrift", der „Rundschau Deutscher Technik"

Digitized by Google

und der „Technik in den Gauen Berlin und Mark Brandenburg" angekündigt. Mit Rücksicht auf die Verdunkelung beginnen die Vorträge bis auf weiteres um 18⁰⁰ pünktlich.

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 31. Oktober 1939, gemeinsam mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (DLTG) Bezirk Berlin um 18⁰⁰ im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22, über das Thema:

„Die Lichttechnik im Dienste des Luftschutzes".

Es sprechen:

1. Oberingenieur Dipl.-Ing. E. von der Trappen über „Öffentliche Beleuchtung und Luftschutz".
   Inhaltsangabe:
   Sicherung des Verkehrsweges bei Verdunkelung.
   Die Richtlinien für Konstruktion und Anwendung von Luftschutz-Richtleuchten.
   Die lichttechnischen und konstruktiven Anforderungen.
   Anordnung und Schaltung der Richtleuchten in der Straße.
   Lichttechnische Verkehrsmaßnahmen zur Sicherung und Förderung der Verkehrsabwicklung.
2. Dr. phil. habil. N. Riehl, über:
   „Lumineszenzstoffe und ihre Luftschutz-Anwendung" (mit Vorführungen).
   Inhaltsangabe:
   Eigenart der Lumineszenzstoffe.
   Anwendung der nachleuchtenden Farben.
   Anwendung der mit Ultraviolett erregten Leuchtfarben.
   Erfahrungen und Beispiele aus der Praxis.

Eintritt und Kleiderablage frei!

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.311(43)

Deutsche Elektrizitätswirtschaft. Ein Handbuch für Volks- und Energiewirtschaftler, Ingenieure und Studierende, Verwaltungsbeamte und Kaufleute. Von Prof. Dr. Dr. W. Windel. Mit 110 Abb., 134 Zahlentafeln, 104 Formeln, VIII und 411 S. im Format 185×255 mm. Verlag für Sozialpolitik, Wirtschaft und Statistik, Paul Schmidt, Berlin 1939. Preis kart. 32 RM.

Gestützt auf langjährige Erfahrungen in der Praxis eines der größten Elektrizitätskonzerne und auf Beobachtungen als lehrbeauftragter erster Professor für Elektrizitätswirtschaft hat der Verfasser die dankenswerte Aufgabe gelöst, nicht nur für Studierende, sondern für alle technisch-wirtschaftlich interessierten Kreise ein neuzeitliches Hand- und Nachschlagebuch herauszubringen, das in großen Zügen das Gebiet der Elektrizitätswirtschaft und der mit ihr zusammenhängenden Energiewirtschaft erfaßt, und das im besonderen auf deutsche Verhältnisse abgestellt ist. Theoretische Abhandlungen und langatmige Definitionen sind zugunsten einer allgemeinen leichten Verständlichkeit für alle Leser sichtlich vermieden. Dafür wird der Hauptwert darauf gelegt, durch praktische Beispiele und Formeln sowie wertvolles Zahlenmaterial die praktische Anwendung zu erleichtern.

An Hand eines historischen Überblicks wird die Problematik der Elektrizitätswirtschaft entwickelt. In systematischem Aufbau werden nach festgelegten Grundbegriffen und Bezeichnungen die Kosten des elektrischen Stromes im Kraftwerk wie am Ende der Übertragung ermittelt. Eingehend werden die einzelnen Kostenelemente behandelt und in zahlreichen Tafeln und Bildern festgelegt. Ein Vergleich behandelt die Kosten des Stromes in Deutschland und den V. S. Amerika. In einem weiteren Teil wird die wirtschaftliche Reichweite elektrischer Kraftquellen dargelegt und die Frage: Selbsterzeugung oder Strombezug? beantwortet. Auch das Spitzenproblem wird in einem Zahlenbeispiel erörtert sowie der Wettbewerb örtlicher Energie. Den Stromtarifen ist ein besonderer Abschnitt nebst Zahlenbeispiel gewidmet. In einem größeren Abschnitt werden die Erzeugung und der Verbrauch des elektrischen Stromes behandelt. Mit einer kurzen Behandlung der Verwaltungswirtschaft und einer Schlußbetrachtung schließt der Hauptteil. In einem Anhang folgen ihm zahlreiche Übungsbeispiele aus der Elektrizitätswirtschaft, wie sie in den Übungen, die sich an die Vorlesungen des Verfassers anschlossen, behandelt und oftmals zu Studienarbeiten ausgebaut wurden.

Die Vielseitigkeit des Verfassers findet auch in seinem Werk seinen Niederschlag. Es bringt daher nicht nur dem Ingenieur, sondern auch dem auf dem Gebiet der Energie- und Elektrizitätswirtschaft verantwortlich schaffenden Kaufmann und Verwaltungsbeamten wertvolle Anregungen.

E. Krohne VDE.

DK 539.16

Künstliche Radioaktivität und ihre kernphysikalischen Grundlagen. Von Prof. Dr. W. Hanle. Mit 40 Abb., 7 farb. Tafeln, VIII u. 114 S. im Format 160×235 mm. Verlag von Gustav Fischer, Jena 1939. Preis kart. 12 RM.

Das Buch richtet sich nicht in erster Linie an die Physiker und Chemiker, sondern an die übrigen Naturwissenschaftler und an die naturwissenschaftlich eingestellten Laien, die diesem neuen, seit 1934 sich stürmisch entwickelnden Gebiet der Physik ihr Interesse entgegenbringen. Von dem inzwischen zusammengetragenen umfangreichen Stoff (bereits rund 1000 Arbeiten) versucht der Verfasser in flüssiger und leicht faßlicher Form dem Leser eine Vorstellung zu vermitteln und ihn mit den wesentlichsten Prozessen und Ergebnissen der künstlichen Kernumwandlungen bekannt zu machen. Zur Erleichterung des Verständnisses werden in den ersten drei Kapiteln (29 Seiten) die kernphysikalischen Grundlagen kurz behandelt. Das Schlußkapitel (4 Seiten) über die Bedeutung der künstlichen Radioaktivität für die Chemie, Biologie, Medizin und Technik sowie das Grenzgebiet der Höhenstrahlen ist leider sehr kurz geraten. Die medizinisch und biologisch interessierten Leser, die auf dieses Kapitel im Vorwort besonders hingewiesen werden, würden hierfür dankbar sein, wenn der Verfasser bei einer Neuauflage für dieses zukunftsreiche Gebiet mehr als nur eine Seite verwenden würde. Die durch den Gesamtcharakter des Werkes bedingte Tendenz zur Vereinfachung schießt gelegentlich etwas über das Ziel hinaus, so z. B. bei den auf Seite 68 aufgestellten Regeln über Elektronen- und Positronenemission. Der Prozeß (γ, n) — s. S. 65 — führt sogar in sehr vielen Fällen entgegen der aufgestellten Regel zur Elektronenemission, vgl. das Beispiel des Verfassers auf Seite 77. Zahlreiche gute Abbildungen und Tafeln unterstützen die Anschaulichkeit der Darstellung. Insbesondere geben 7 farbige Tafeln am Schlusse des Buches eine gute Übersicht über die Kernumwandlungsprozesse sämtlicher Elemente des Periodischen Systems. Man wird dem Buch daher eine recht große Verbreitung wünschen, zumal es auch äußerlich durch die außerordentliche gute Ausstattung seitens des Verlages sehr ansprechend wirkt.

K. Philipp.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Technisches Rechnen. 1. Teil: Regeln, Formeln und Beispiele für das Rechnen mit Zahlen und Buchstaben zum Gebrauch in Werkstatt, Büro und Schule. Von Obering. Dr. phil. V. Happach. (Werkstattbücher, H. 52) 2. umgearb. Aufl. Mit 49 Abb. u. 64 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 2 RM.

[Das Heft behandelt zunächst das Rechnen mit Buchstaben, die Logarithmen, den Rechenschieber und das Arbeiten mit Tafeln. Es folgt die Algebra, einiges aus der Funktionenlehre und graphischen Darstellung mit kurzer Zusammenstellung einiger Elemente der Differentialrechnung. Endlich werden Anwendungen des Rechnens im Hinblick auf einfache, in der Werkstattpraxis auftretende Aufgaben gebracht. Die Darstellung ist elementar, aber kurz. Sie ist praktisch voraussetzungslos.] *Fr. M.*

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. C. Drotschmann, Berlin-Rahnsdorf, Hohenzollernstr. 136.
Betriebsing. B. Koske VDE, Falkensee b. Berlin, Körnerstr. 8.
Dipl.-Ing. W. Laig-Hörstebrock VDE, Eichwalde, Kr. Teltow, Schmöckwitzer Str. 72.
Betriebsing. Prof. A. Weber VDE, Royken/Norwegen, Nedre Bjornstadt.

Abschluß des Heftes: 20. Oktober 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch **Julius Springer**, Berlin W 9

60. Jahrgang — **Berlin, 2. November 1939** — **Heft 44**

Sekundäremissionsröhren als Verstärkerröhren.

Von **F. C. Saic** VDE, Berlin.

DK 621.385.5 : 537.533.8

Übersicht. Der Sekundäremissionseffekt wird zunächst allgemein hinsichtlich seiner Entstehung und Wirkung dargestellt. Anschließend werden die Möglichkeiten besprochen, die sich bei Verwendung dieses Effektes in Verstärkerröhren ergeben, und abschließend werden kurz drei Anwendungsbeispiele betrachtet.

Der Sekundäremissionsstrom in Verstärkerröhren, vorzüglich in Schirmgittertypen, war bisher eine sehr unwillkommene Erscheinung. Sekundäremission bedeutet immer eine Verkleinerung des Innenwiderstandes der Röhre, weil Anodenspannungsänderungen in kritischen Arbeitsgebieten der Röhre zu starken Anodenstromänderungen führen. Da der Innenwiderstand einer Röhre parallel dämpfend auf ihre Belastung wirkt, so wurde die Stufenverstärkung beim Auftreten von Sekundäremission kleiner und in weiten Grenzen ungleichmäßig. Die Anodenstromcharakteristik einer solchen Röhre kann unter bestimmten Umständen und Betriebsbedingungen auch negativ werden. Wird als Belastung ein Schwingungskreis verwendet, so tritt dann Selbsterregung ein (Dynatron).

Das Studium der Sekundäremissionserscheinungen führte demnach zunächst zu Abwehrmaßnahmen gegen sie. Aus der Schirmgitterröhre (Tetrode) entstand die Schirmgitterröhre mit Fanggitter (Penthode) bzw. durch Vergrößerung des Abstandes zwischen Anode und Schirmgitter auf eine bestimmte kritische Entfernung die Tetrode mit unterdrückter Sekundäremission, welche zufolge ihres guten Wirkungsgrades als Endröhre in letzter Zeit auch bei uns wiederum in Aufnahme gekommen ist. (Die Röhre VCL 11 im Deutschen Kleinempfänger enthält ein solches Tetrodensystem über gleicher Kathode mit einem Triodensystem). Bei dieser Gelegenheit soll bemerkt werden, daß die Tetrode mit kritischem Abstand keineswegs amerikanischen Ursprungs ist. Sie ist vielmehr schon vor Jahren als Parallelentwicklung zur Penthode in Deutschland herausgebracht worden, fand aber in Amerika zuerst die verdiente Anerkennung.

Als weiteres wichtiges Mittel zur Unterdrückung der Sekundäremissionswirkung in Verstärkerröhren sind elektronenoptische Maßnahmen zu erwähnen. Ihr Zweck ist es, den Elektronenstrahl zu bündeln, so daß er bei entsprechend angeordneten Elektroden wohl beschleunigt, aber von diesen nur im geringen Umfang aufgefangen wird. Die Röhre EK 3 der roten Serie ist für solche Systeme eine besonders eindrucksvolles Beispiel. Endlich hat sich die Verwendung von sekundäremissionsarmen Werkstoffen zur Herstellung der kritischen Elektroden und durch besondere Formgebungen als hervorragend wirksam zur Unterdrückung von Sekundäremission erwiesen.

Es darf — wenn auch chronologisch nicht ganz richtig — angenommen werden, daß die Untersuchung von Sekundäremissionseffekten, die ursprünglich wohl nur deshalb angestellt wurden, um Mittel zu ihrer Unterdrückung zu finden, in positiver Auswertung des Effektes zu Röhrenkonstruktionen geführt hat, in denen der Sekundäremissionseffekt als solcher Voraussetzung wurde. (Emitron, Ikonoskop und andere Typen von Stromvervielfachungsröhren.)

Bis vor kurzem war aber die Verwendung dieser Effekte in Verstärkerröhren nicht möglich, weil man die Vorgänge selbst noch nicht mit der notwendigen Sicherheit beherrschte. Die Untersuchungen gestalten sich deshalb schwierig, weil sie sowohl thermionischen als auch chemischen Charakters sind.

Der Mechanismus der Sekundäremission.

Wenn man sich ein Bild vom Mechanismus der Sekundäremission machen will, so kann man vielleicht annehmen, daß die kinetische Energie eines auf ein Metall auftreffenden Primärelektrons im Metall an mehrere Leitungselektronen gleichzeitig abgegeben wird. Diese Leitungselektronen nehmen aber nur einen bestimmten Energiebetrag auf: ist der Energiebetrag größer als die Austrittsarbeit, so tritt Sekundäremission auf, ist er kleiner, so ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieses Effektes sehr klein. Der Zusammenhang zwischen jeder Art Elektronenaustritt und Austrittsarbeit schien auf Grund thermionischer Überlegungen zunächst der zu sein, daß Metalle mit großem Atomvolumen (Atomvolumen gleich Atomgewicht mal spezifischem Gewicht) zufolge der für sie charakteristischen kleinen Austrittsarbeit, auch für Primärelektronen starke Sekundäremissionen zeigen müssen[1]).

Zahlentafel 1 zeigt den Zusammenhang zwischen Atomvolumen und Austrittsarbeit für einige Metalle. Die Austrittsarbeit ist in eV angegeben. eV bedeutet Elektronen Volt und ist jene Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Spannung von 1 V erhält. Die atomare Energie ist also durch die entsprechende, in Volt gemessene Spannung ausgedrückt.

Zahlentafel 1.

Element	Cs	Ba	Li	Mg	Ag	Al	Cu subl.	Be
Atomvolum	71	36,6	13	14	10,2	10,0	7	4,9
Austrittsarbeit in eV . .	1,81	2,11	2,28	2,42	4,74	2,26	4,3	3,16

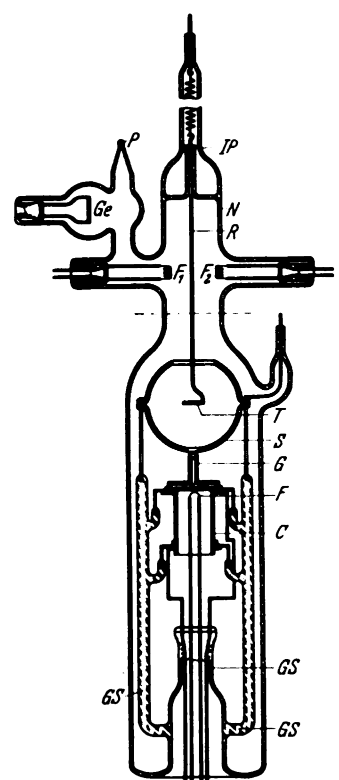
[1]) Copeland, Phys. Rev. 48 (1935) S. 96. — Warnecke, J. Phys. Rev. 7 (1936) S. 270.

Digitized by Google

Weil nun Metalle mit vergleichbarer Austrittsarbeit, etwa Silber und Kupfer (die Austrittsarbeit beträgt für das erstere 4,7 eV, für das letztere 4,3 eV), das Auftreffen von 2 Primärelektronen unter vergleichbaren Betriebsbedingungen mit der Aussendung von 3 Sekundärelektronen beantworten, so müßte Barium beispielsweise für je 2 auftreffende Primärelektronen

$$2 \cdot \frac{4{,}74 \cdot 1{,}5}{2{,}11} = \text{rd. 7 Sekundärelektronen}$$

liefern. Tatsächlich entsteht aber an reinem Bariummetall unter günstigsten Bedingungen — das ist eine Primärelektronengeschwindigkeit V_p von etwa 400 V — kaum der sechste Teil der eben errechneten Sekundärelektronenzahl.



F Wolfram-Heizdraht, Quelle der Primärelektronen
C Zylinder
G Elektronen-„Kanone"
T Schirm bzw. Gitter, auf welches die zu untersuchenden Materialien aufgedampft werden
S kugelförmige Sammelanode für die Sekundärelektronen
R Stab, um *T* bewegen zu können
IP Eisenstab, an *R* befestigt. Durch magnetische Einwirkung ist es möglich, *T* in seiner Lage zu verändern
N Röhrenhals. Hier kann *T* mit HF erhitzt werden und ebenso findet hier die Aufdämpfung statt. Die aufzudämpfenden Materialien sind auf
F_1F_2 aufgebracht. F_1 und F_2 können erhitzt werden. Bei der Wertung wird *T* wieder in die Mitte der Kugel *S* durch Abschalten des magnetisierenden Stroms zurückgebracht
Ge ist der Platz für ein allfällig notwendiges Gitter
GS Glas-Quetschfuß
P Abschmelzpunkt

Abb. 1. Farnsworth-Röhre zur Bestimmung des Sekundäremissionsfaktors von Schichten (auf *F*), die durch Sublimation im Vakuum gewonnen werden.

In letzter Zeit haben nun B r u i n i n g und D e B o e r[2]) neue Untersuchungen angestellt. Sie benutzten dabei den Farnsworthschen Apparat[3]), der in Abb. 1 dargestellt ist.

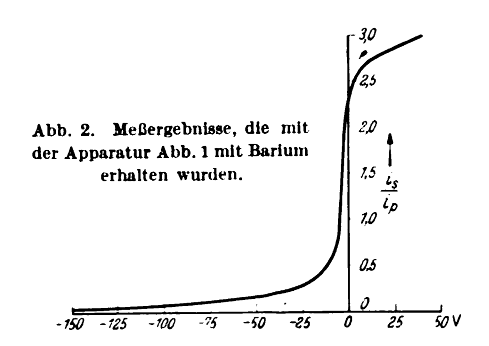


Abb. 2. Meßergebnisse, die mit der Apparatur Abb. 1 mit Barium erhalten wurden.

Wird das Potential V_S von *S* kleiner als das Potential V_T von *T*, so können nur jene von *T* ausgesendeten Elektronen die Kugel *S* erreichen, deren kinetische Energie groß genug ist, um die aus der Potentialdifferenz der beiden Elektroden sich ergebende Gegenspannung zu überwinden. Ist V_S z. B. 5 V niedriger als V_T, so muß die Energie der Sekundärelektronen mindestens 5 eV betragen.

Auf der Abszisse der Abb. 2 ist die Spannungsdifferenz zwischen *S* und *T* aufgetragen. Als Ordinate ist das Verhältnis $\frac{i_s}{i_p}$ verwendet, wobei i_s den Sekundäremissionsstrom und i_p den Primäremissionsstrom darstellt. Bei einer Veränderung von + 20 V bis — 20 V erfolgt, wie man aus der Abbildung erkennen kann, ein Absinken des Sekundäremissionsstromes auf $^1/_{12}$ oder auf etwa 8 %.

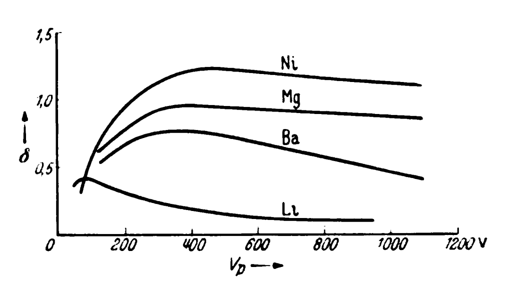


Abb. 3. δ-Werte für verschiedene Metalle als Funktion der Primärspannung V_p. Man erkennt — mit Ausnahme von Lithium — ein δ_{max} bei $V_p \approx 400$ V.

In Abb. 3 sind die Sekundäremissionswerte von verschiedenen Metallen als Funktion der Primärspannungen aufgetragen. δ ist der Faktor, mit dem die Zahl der Primärelektronen multipliziert werden muß, um die Zahl der entstehenden Sekundärelektronen zu erhalten. Dieser Faktor ist also für jedes Metall hinsichtlich seines Sekundäremissionsvermögens eine charakteristische Zahl. Eine Übersicht der von Bruining und De Boer gewonnenen Ergebnisse zeigt auszugsweise Zahlentafel 2.

Z a h l e n t a f e l 2.

Element	Cs	Ba	Mg	Li	Ag	Al	Cu
Austrittsarbeit in eV . . .	1,81	2,11	2,42	2,28	4,74	2,26	4,3
δ_{max}	0,73	0,82	0,8	0,56	1,56	0,97	1,3
V_p	400	400	300	100	800	300	600

Wenn auch aus dieser Tafel keine Gesetzmäßigkeit abzuleiten ist, so kann doch mit Sicherheit erkannt werden, daß elektropositive reine Metalle mit kleiner Austrittsarbeit ein wesentlich geringeres Sekundäremissionsvermögen aufweisen also solche mit höherer Austrittsarbeit. Es beträgt unter vergleichbaren Verhältnissen die Primäremission

bei Nickel . . . . rd. 0
„ Barium . . . . rd. 16

das Sekundäremissionsvermögen dagegen

bei Nickel 1,28
„ Barium . . . . 0,81.

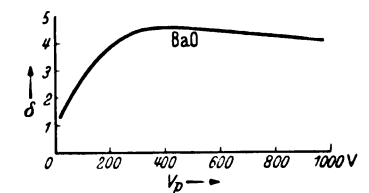


Abb. 4. Der Sekundäremissionsfaktor δ als Funktion von V_p für Bariumoxyd.

Vollkommen andere Verhältnisse aber zeigen oxydierte Metalle. Die Abb. 4 zeigt beispielsweise die Sekundäremissionswerte von Bariumoxyd. Bei einer Spannung von $V_P = 400$ V ist der δ-Wert auf 5 gestiegen im Gegensatz zu einem Wert von $\delta = 0{,}75$ des reinen Metalles, der aus Abb. 3 ablesbar ist.

[2]) Bruining u. De Boer, Physica, Haag 5 (1938) S. 17.
[3]) Phys. Rew. 25 (1925) S. 41.

Digitized by Google

Die Sekundäremission ist also bei Metallen höherer Austrittsarbeit größer als bei solchen geringerer Austrittsarbeit. Als Erklärung darf vielleicht angenommen werden, daß die im Metall kleiner Austrittsarbeit befindlichen Leitungselektronen sich wie freie Elektronen bewegen. Senkrecht auffallende Primärelektronen können dann nach dem Gesetz vom Impuls und Energie keine Sekundärelektronen erzeugen. Weiterhin ist der Kollisionsdurchmesser für das schnelle Primärelektron kleiner bei Metallen wie Lithium, Caesium usw., für langsame Elektronen dagegen groß. Die Differenz ist dann bei Metallen wie Kupfer, Magnesium und Molybdän klein.

Die Maxima in Abb. 3 lassen sich wie folgt erklären: Bei steigender kinetischer Energie des Primärelektrons wird anfänglich die Zahl der losgeschlagenen Sekundärelektronen größer. Zufolge der höheren kinetischen Energie aber dringen mit höheren Werten der durchlaufenen Spannung die Primärelektronen immer tiefer in das Metall ein und können dann nur Sekundärelektronen in immer größerer Tiefe losschlagen. Bei einer gewissen Geschwindigkeit (etwa 400 V durchlaufener Spannung) beginnt sich aber der Prozeß langsam umzukehren. Es wird dann ein immer größerer Teil losgeschlagener Sekundärelektronen wieder verloren gehen. (Die Eindringtiefe bei der kritischen Spannung ($V_P = 400$ V) soll nach Bruining 80 Atomschichten betragen.)

Während also elektropositive Metalle — jene mit geringer Austrittsarbeit — geringe Sekundäremission zeigen, liegen die Verhältnisse, wie Abb. 4 zeigt, bei Metallverbindungen gerade umgekehrt, denn hier sind es gerade die Verbindungen von Metallen geringer Austrittsarbeit, welche ein hohes Emissionsvermögen zeigen. Vielleicht hängt dies verschiedene Verhalten mit der verschiedenartigen Besetzung der Energiezonen bei Metallen und Verbindungen zusammen. Während in letzteren die zulässigen Energiezonen entweder voll besetzt oder ganz leer sind, sind in Metallen die Energiezonen nur teilweise besetzt. Bei Verbindungen können daher Elektronen nur von besetzten zu unbesetzten Zonen gehoben werden, und es entscheidet dann die Lage dieser Zone, ob das Elektron emittiert wird oder nicht. In Metallen liegen die Verhältnisse dagegen u. U. so, daß Sekundärelektronen, die in größerer Tiefe freigemacht werden, ihre Energie schon abgegeben haben, bevor sie an die Oberfläche gelangen können.

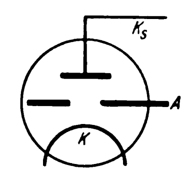


Abb. 5. Idealisierte Dynatron-Röhre.

Welche Vorteile kann man nun von Sekundäremissionseffekten in Verstärkerröhren erwarten? Abb. 5 zeigt eine idealisierte Dynatronröhre. Die aus der Kathode K austretenden Elektronen treffen z. T. die Anode A, einige jedoch gehen durch die in A befindliche Öffnung und treffen auf die sekundäremissionsfähige Elektrode K_S. Sowohl A als K_S haben positive Spannungen, jedoch liegt das Potential von K_S niedriger als das von A. Die an K_S entstehenden Sekundärelektronen werden deshalb von A wieder abgesaugt.

An der Anode A treffen also mehr Elektronen auf als von der Kathode K emittiert werden. Die Differenz muß daher K_S liefern. Während bei normalen Mehrgitterröhren eine negative Ladung von der positiven Elektrode abgeleitet wird, soll bei der Sekundäremissionsröhre eine negative Ladung zugeführt werden. Hieraus folgt, daß die Richtung des Stromes, der zur Hilfskathode führt, um 180° phasenverschoben gegen den Anodenstrom sein muß.

Abb. 6 zeigt die Verhältnisse. Die Anodenspannung ist konstant angenommen, die Hilfskathodenspannung wird langsam gesteigert. Zunächst entstehen wenig Sekundärelektronen, der resultierende Strom I_{res} bleibt positiv. Bei weiterem Anwachsen der Hilfskathodenspannung steigt der Sekundärelektronenstrom rasch an. Der resultierende Strom wird dann aber zufolge der Phasenlage des Sekundärelektronenstromes negativ. Nachdem er einen Höchstwert erreicht hat, nimmt er rascher ab, als er vorher zugenommen hat, weil der Potentialunterschied zwischen Anode und Hilfskathode immer kleiner und endlich Null wird. Dann wird der Sekundärelektronenstrom so klein, daß die Werte des Kathodenstromes und des resultierenden Stromes identisch sind.

Eine Sekundäremissionsröhre für Verstärkerzwecke müßte also bestehen:

1. aus den üblichen Röhrensystemen (Kathode, Steuergitter, Schirmgitter),
2. aus einer Sekundäremissionselektrode (Hilfskathode) und
3. aus einer Sammelanode.

Bedingung ist, daß die Primärelektronen nicht auf die Sammelanode gelangen können, sondern zunächst der sekundäremittierenden Elektrode zugeleitet werden. Abb. 7 zeigt einen Aufbau, der diesen Bedingungen entspricht.

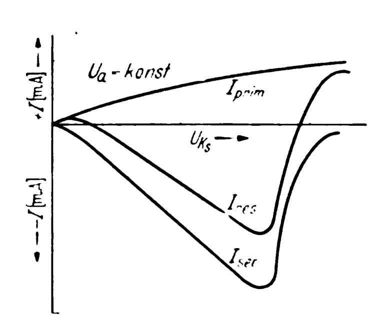


Abb. 6. Kennlinie eines Dynatrons.

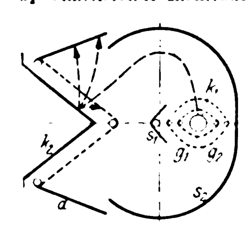


Abb. 7. Aufbau einer praktisch ausgeführten Sekundäremissionsröhre.

Die Primärelektronen verlassen die Kathode k_1, durcheilen das Steuergitter g_1 und das Schirmgitter g_2 und werden dann durch den Schirm s_1 — das ist eine Elektrode auf niedrigem Potential — in Richtung auf die sekundär emittierende Elektrode k_2 abgebogen. Sie treffen dort auf und erzeugen Sekundärelektronen, die über ein Gitter zur Sammelanode a gezogen werden. Wäre das Gitter nicht vorhanden, so würde es wegen der verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit der Sekundärelektronen vor der Elektrode a zu Raumladungsbildungen kommen, die Feldverzerrungen hervorrufen würden.

Der Umsatz zwischen Primär- und Sekundärelektronen erfolgt außerordentlich rasch. Die Laufzeiten von K_S in Abb. 5 nach A sind genau gemessen worden und betragen ungefähr 10^{-8} s. Die Umwandlungszeit muß also um mindestens noch eine Größenordnung kleiner sein.

Als erste Wirkung der Sekundäremission in einer so aufgebauten Röhre wurde die Gegenphasigkeit von Anode und Hilfskathode erwähnt. Weiterhin muß die Änderung des Anodenstromes mit einer Änderung der Steuergitterspannung (die Steilheit der Röhre) wegen des zusätzlich durch die Hilfskathode gelieferten Elektronenstroms eine wesentlich höhere sein als die üblicher Röhrenaufbauten. Demgegenüber steht ein verhältnismäßig kleiner innerer Widerstand. Grundsätzlich ist bei Sekundäremisissionsröhren aber zu unterscheiden zwischen Anodenstrom und Kathodenstrom.

Bekanntlich gilt für die Steilheit S einer Röhre ohne Sekundäremission die Bedingung

$$S = \frac{d\,i_a}{d\,u_g} = K\,A\,\frac{1}{K}\,i_a\,\frac{K-1}{k}. \tag{1}$$

In dieser Beziehung bedeutet A eine Konstante, die durch den Röhrenaufbau und die Betriebsbedingungen bestimmt wird, i_a den Anodenstrom und u_g die Steuergitterspan-

Digitized by Google

nung. Weist die Röhre nun Sekundäremission auf, und ist der Sekundäremissionsfaktor δ, so wird

$$i_a = \delta\, i_k,$$

wobei i_k den Kathodenstrom bedeutet, der um den Faktor δ kleiner ist als der Anodenstrom. Damit ergibt sich für die Sekundäremissionsröhre eine Steilheit von

$$S' = \frac{\mathrm{d}(\delta\, i_k)}{\mathrm{d}U_g} = S\,\delta\,\frac{1}{K}.$$

K hat bei nicht zu kleinem Kathodenstrom i_k einen konstanten Wert, der etwa 1,6 beträgt, und damit wird

$$S' = S\,\delta^{0,6}.$$

Für eine Bariumoxyd-Hilfskathode, deren Sekundäremissionsfaktor $\delta = 5$ ist, ergibt sich demnach eine Steigerung der Steilheit auf das etwa 2½fache.

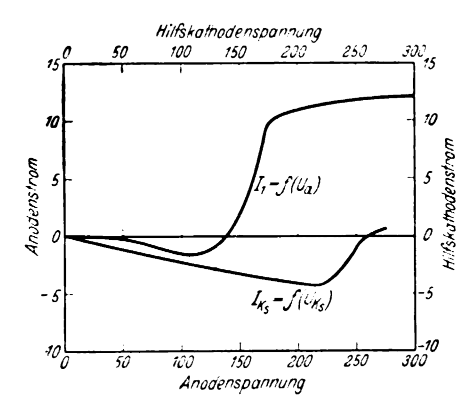


Abb. 8. Anodenstrom–Anodenspannung und Hilfskathodenstrom–Hilfskathodenspannungs-Kennlinienfeld einer Sekundäremissionsröhre.

Damit haben Sekundäremissionsröhren für Verstärkerzwecke folgende besondere Merkmale:

1. Die Steilheit der Röhre ist wesentlich höher als die üblicher Verstärkerröhren, jedoch ist ihr innerer Widerstand verhältnismäßig klein, während der Anodenstrom zwangläufig größere Werte annimmt.
2. Die Sekundäremissionsröhre liefert zwei gegenphasige Ströme. Die Anodenstrom-Anodenspannungs-Charakteristik ist ähnlich der einer Tetrode, und die Hilfskathodenstrom-Hilfskathodenspannungs-Charakterstik ist fallend (Abb. 8). In einem verhältnismäßig weiten Bereich ist diese Charakteristik geradlinig.

Bemerkt soll werden, daß trotz des verhältnismäßig großen Steilheitswertes[4]) das Rauschen bei der Sekundäremissionsverstärkung nach Engbert[5]) größer sein soll als bei Verstärkerröhren ohne Sekundäremission.

Aus den unter 1. und 2. angegebenen Eigenschaften der Röhre ergibt sich, daß sie hauptsächlich für die Verstärkung hoher Frequenzen einzusetzen sein wird, weil in solchen Fällen die Impedanz der Anodenbelastung der Röhre klein gegen ihren Innenwiderstand sein wird. Weiterhin ist zu beachten, daß im Bereiche sehr hoher Frequenzen (Fernsehfrequenzen) die Verstärkungsmöglichkeit bestimmt wird durch das Verhältnis S/C. C ist dabei der Summenwert aller natürlichen und schädlichen Parallelkapazitäten. Für die vorgenannte Röhre erhält man einen S/C-Wert von etwa 0,53 für ein Frequenzband von 2 MHz, bei einem zugelassenen 10prozentigen Verstärkungsabfall, gegen einen Wert von 0,14 für die Knopfröhre.

Abb. 9 zeigt schematisch den Schaltungsaufbau einer solchen Röhre. Die Synchronisierungsspannung kann an der Hilfskathode abgenommen werden (B), während die gegenphasige Anodenspannung die Kathodenstrahlröhre speist (A).

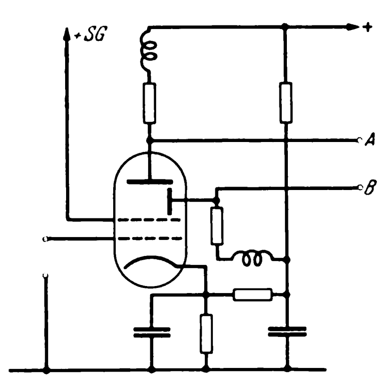


Abb. 9. Schaltung einer Sekundäremissionsröhre als Fernseh-Frequenzverstärker.

Abb. 10 zeigt die Möglichkeit, die Röhre als Überlagerungsröhre für Fernsehempfänger zu schalten. L_1C_1 ist das erste ZF-Filter, L_2C_2 der Oszillatorkreis. Der Oszillatorkreis ist vom Eingangskreis vollkommen getrennt. Ein Nachteil der Schaltung besteht darin, daß der Oszillatorkreis einschließlich Kondensator an einer Spannung von 150 V gegen Masse liegt. Auch als Phasenumkehrröhre wird die Verwendung der Sekundäremissionsröhre empfohlen. Bei beträchtlichen Verstärkungen sind für vergleichbare Leistungen die Verzerrungen ungefähr die gleichen wie bei normalen Gegentaktschaltungen.

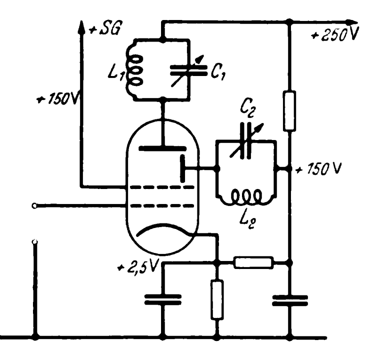


Abb. 10. Schaltung einer Sekundäremissionsröhre als Überlagerungsröhre für hohe Frequenzen.

Als besonderer Vorteil ist anzusehen, daß die Sekundäremissionsröhre als Phasenumkehrröhre unmittelbar in die Gegenkopplungsschaltung mit einbezogen werden kann.

Zusammenfassung.

Die Sekundäremissionsröhre zeigt beim Arbeiten über große Frequenzbereiche und im UKW-Gebiet besonders große Vorteile. Der durch die Sekundäremission bedingte geringere Innenwiderstand der Röhre ist im UKW-Gebiet immerhin noch um eine Größenordnung höher als die in diesen Bereichen verwendeten Belastungen der Röhre für die Wiedergabe sehr breiter Frequenzbänder (2 MHz). Da die Stufenverstärkung im Gebiete ultrahoher Frequenzen nur mehr vom Verhältnis der Steilheit der Röhre zur Summe der zur Impedanz der Belastung parallel liegenden Kapazitäten abhängt (S/C hat die Dimension eines reziproken Zeitwertes: t^{-1}), können für zwei um 180° gegeneinander gedrehte und von der Röhre mit gleicher Verstärkung gelieferte Ströme Stufenverstärkungen bis zu 40 — gegen 4 bis 8 mit Knopfröhren — erhalten werden.

[4]) Das Rauschen von Empfängerröhren ist proportional i_a/S^2; i_a ist der Anodenstrom.

[5]) Telefunken-Röhre (1938) H. 13.

Digitized by Google

Elektrische Waltötung.

Von **Albert Weber VDE**, Oslo.

(Schluß von S. 1232.)

DK 621.3 : 639.2

4. Muskelschuß, eine Klaue hat die Specklage durchdrungen.

Wal Nr. 8, 1935/36, weiblicher Blauwal, 25,7 m lang, 4,2 m höchste Breite.

Mit dem Heraustreten einer Klaue aus dem Walkörper (Abb. 6 und 7) tritt bedeutender Nebenschluß ein (Zahlentafel 4). Einerseits gehört aber dieser Fall zu den Ausnahmen, anderseits ist die Stromquelle so reichlich bemessen, daß der Wal meistens festgehalten wird, bis Umschuß erfolgt oder der Handspieß benutzt werden kann (vgl. Abschnitt B 8).

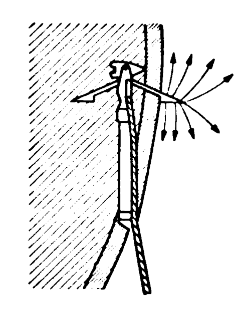
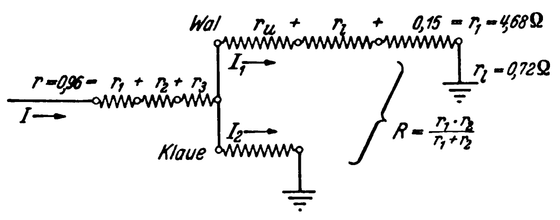


Abb. 6. Eine Klaue tritt heraus.

Der erste, sehr niedrige Stromwert $I = 40$ A beweist, daß der Stromkreis noch frei von Nebenschluß ist, dabei ist der Widerstand des Wales $R = r_1 = 4{,}68\,\Omega$, von diesem Wert muß die Berechnung ausgehen (Abb. 8). Da bei Muskelschüssen die Blutung den Walwiderstand erfahrungsgemäß mit rd. 10 % vermindert, ist eine entsprechende Korrektur in der letzten Reihe der Zahlentafel vorgenommen, sie beeinflußt das Ergebnis nur unwesentlich.



r_1 Widerstand der festverlegten Leitungen
r_2 Widerstand der Leine
r_3 Widerstand des Vorläufers
r_u Übergangswiderstand des Harpunenkopfes
r_l Leitungswiderstand des Wales
In $R = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}$ ist $r_1 = r_u + r_l + 0{,}15$
r_2 Übergangswiderstand der Klaue

Abb. 7. Ersatzschaltung für Wal und Klaue.

Die Klaue wirkt mit dem Nebenschluß $r_2 = 0{,}89\,\Omega$, das entspricht einer Fläche von 97 cm², mit welcher die Klaue im Wasser liegt.

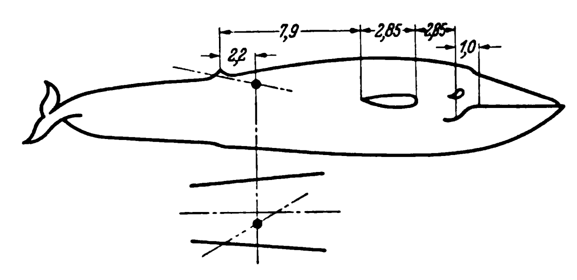


Abb. 8. Eine Klaue durchdringt den Speck.

5. Lungenschuß.

Wal Nr. 5, 1935/36, weiblicher Blauwal, 26,5 m lang, 4 m höchste Breite. Widerstände der Leitungen: $r = r_1 + r_2 + r_3 = 0{,}743\,\Omega$. Leitungswiderstand im Wal: $r_l = 0{,}545\,\Omega$.

Aus der Zahlentafel 5 bzw. Abb. 9 sind die Ergebnisse der Messungen zu entnehmen.

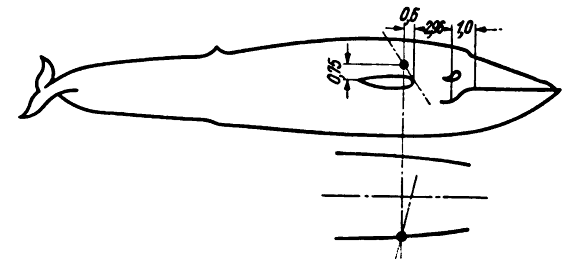


Abb. 9. Lungenschuß.

Höchster Übergangswiderstand der Harpune:

$$r_u = 1{,}79 - (0{,}545 + 0{,}15) = 1{,}095\,\Omega \mathrel{\hat{=}} 185\ \text{cm}^2$$

äquivalente Elektrodenfläche.

Zahlentafel 4. Spannungen und Ströme bei der Waltötung, Beispiel 4.

I	U	Leistung	$I\,r$	Spannung für Harpune, Wal und Rückleitung $U_1 = U - I\,r$	$R = \frac{U_1}{I}$	r_1	$r_2 = \frac{R\,r_1}{r_1 - R}$	tötender Strom $I_1 = I\,\frac{r_2}{r_1 + r_2}$	I_2	tötende Spannung $I_1\,r_l = I_1 \cdot 0{,}72$	reduzierte Stromdichte $\frac{I_1 \cdot 45\,000}{\frac{\pi}{4} \cdot 3{,}9^2 \cdot 10^6}$
A	V	kVA	V	V	Ω	Ω	Ω	A	A	V	A/45 000 mm²
40	220	8,8	31,8	188,2	4,68	4,68	∞	40	0	28,8	0,151
56	200	11,2	44,5	155,5	2,77	4,68	6,8	33,2	22,8	24	0,135
70	200	14	55,6	144,4	2,063	4,68	3,7	31	39	22,3	0,117
110	170	18,7	87,5	82,5	0,746	4,68	0,89	17,5	92,5	12,6	0,0625
						0,9 · 4,68 = 4,22	0,905	19,5	90,5	14,1	0,074

Zahlentafel 5. Spannungen und Ströme bei der Waltötung, Beispiel 5.

I	U	Leistung	$I \cdot 0{,}743$	Spannung für Harpune, Wal und Rückleitung $I\,(r_u + r_l + 0{,}15)$	Widerstand für Harpune, Wal und Rückleitung $r_u + r_l + 0{,}15$	tötende Spannung $I \cdot 0{,}545$	reduzierte Stromdichte $\frac{I \cdot 45\,000}{\frac{\pi}{4} \cdot 3{,}7^2 \cdot 10^6}$
A	V	kVA	V	V	Ω	V	A/45 000 mm²
78	198	15,5	58	140	1,79	42,5	0,327
80	198	15,8	59,5	138,5	1,73	43,6	0,337

Digitized by Google

Kleinster Übergangswiderstand der Harpune:

$$r_u = 1{,}73 - (0{,}545 + 0{,}15) = 1{,}035\ \Omega \mathrel{\hat=} 200\ \text{cm}^2$$

äquivalente Elektrodenfläche.

Die äquivalente Elektrodenfläche ist nun auf

$$\frac{1}{15{,}6} \cdot 2890 \text{ bzw. } \frac{1}{14{,}4} \cdot 2890\ \text{cm}^2$$

angestiegen, das ist charakteristisch für Lungen-, Herz- und Magenschüsse. Die dynamische Wirkung des Stromes hatte die Lunge vollständig gesprengt. Der Tod trat sofort ein.

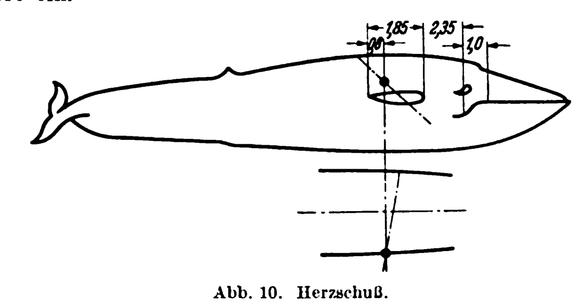


Abb. 10. Herzschuß.

6. Herzschuß (Abb. 10).

Wal Nr. 39, 1935/36, weiblicher Finnwal, 21,7 m lang, 3,2 m höchste Breite. Widerstand der Leitungen: $r = r_1 + r_2 + r_3 = 0{,}795\ \Omega$. Leitungswiderstand im Wal: $r_l = 0{,}61\ \Omega$.

im Mageninhalt, der aus kleinen Krebsen, Seewasser und Magensäure besteht. Der Übergangswiderstand erreicht ein Minimum, so daß die übrigen Teile des Stromkreises höhere Spannung erhalten, die tötende Spannung steigt daher. Die Erscheinung konnte schon bei Herz- und Lun-

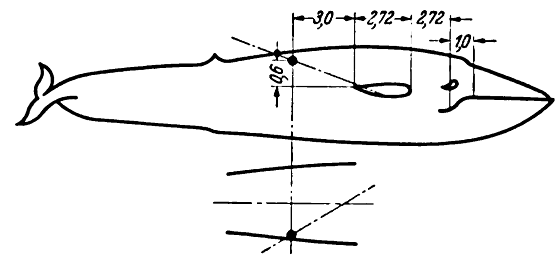


Abb. 11. Magenschuß.

genschüssen, wenn auch in minderem Maße, beobachtet werden. Im Gegensatz dazu steht den Muskelschüssen mit dem höchsten Harpunenübergangswiderstand für die Tötung der geringste Spannungsanteil zur Verfügung. Diese Erscheinung ist also nicht physiologisch, sondern physikalisch bedingt, bei Herz- und Lungenschüssen könnte man ganz sicher mit weit geringeren Spannungen töten.

Die äquivalente Elektrodenfläche, welche bei den bisherigen Beispielen für den spezifischen Widerstand der

Zahlentafel 6. Spannungen und Ströme bei der Waltötung, Beispiel 6.

I	U	Leistung	$I \cdot 0{,}795$	Spannung für Harpune, Wal und Rückleitung $I\,(r_u + r_l + 0{,}15)$	Widerstand für Harpune, Wal und Rückleitung $r_u + r_l + 0{,}15$	tötende Spannung $I \cdot 0{,}61$	Harpunenübergangswiderstand r_u	äquivalente Elektrodenfläche
A	V	kVA	V	V	Ω	V	Ω	cm²
80	200	16	63,5	136,5	1,706	48,8	0,946	240
80	198	15,9	63,5	134,5	1,681	48,8	0,921	250
80	197	15,7	63,5	133,5	1,668	48,8	0,908	300
90	188	16,9	71,5	116,5	1,293	55	0,533	735
90	187	16,8	71,5	115,5	1,282	55	0,522	750
88	190	16,7	70	120	1,367	53,6	0,607	660
89	186	16,6	70,6	115,4	1,3	54,4	0,54	730
90	184	16,2	71,5	112,5	1,25	55	0,49	865

Da Wellengang den Wal bewegt, kann der Kontakt zwischen Harpunenkopf und Blut bei Lungen- und Herzschüssen vorübergehende Änderungen erfahren. Charakteristisch ist hier (Zahlentafel 6), daß durch Blutung keine wesentliche Steigerung der Stromstärke im Laufe der Tötung eintritt; der Harpunenkopf ist vom ersten Augenblick an reichlich von Blut umgeben.

7. Magenschuß (Abb. 11).

Wal Nr. 19, 1935/36, männlicher Blauwal, 24,4 m lang, 3,2 m höchste Breite. Widerstände der Leitungen: $r = r_1 + r_2 + r_3 = 0{,}703\ \Omega$. Leitungswiderstand des Wals: $r_l = 1{,}015\ \Omega$.

Bei Magenschüssen erreicht die Stromstärke den höchsten Betrag (Zahlentafel 7). Der Harpunenkopf liegt

Wale zu $0{,}57 \cdot 10^6\ \Omega\,\text{mm}^2/\text{m}$ berechnet worden ist, konnte für den im Magen wirksamen Elektrolyt zu $0{,}33 \cdot 10^6\ \Omega\,\text{mm}^2/\text{m}$ ermittelt werden. Von 2890 cm² Oberfläche des Harpunenkopfes sind nun bis zu 1800 cm² vom Elektrolyt umgeben.

8. Der Handtöter.

Der Handtöter wird benutzt, wenn die Harpune durch die oberste Specklage geschossen wurde oder wenn eine Klaue aus dem Wal heraustritt. Gewöhnlich kann der Wal mit dem durch Nebenschluß stark verminderten Strom dennoch festgehalten werden. Ein Umschuß würde längere Vorbereitung erfordern, der Handtöter ist dagegen innerhalb weniger Sekunden zur Stelle. Er wird in der Nähe des Rückgrates bei der Seitenflosse ein-

Zahlentafel 7. Spannungen und Ströme bei der Waltötung, Beispiel 7.

I	U	Leistung	$I \cdot 0{,}703$	Spannung für Harpune, Wal und Rückleitung $I\,(r_u + r_l + 0{,}15)$	Widerstand für Harpune, Wal und Rückleitung $r_u + r_l + 0{,}15$	tötende Spannung $I \cdot 1{,}015$	Harpunenübergangswiderstand r_u	äquivalente Elektrodenfläche
A	V	kVA	V	V	Ω	V	Ω	cm²
80	200	16	56	144	1,8	81,5	0,635	160
90	190	17,2	63,2	126,8	1,408	91,5	0,243	950
89	191	17	62,5	128,5	1,45	90,5	0,285	830
89	190	16,94	62,5	127,5	1,43	90,5	0,265	870
90	192	17,18	63,2	128,8	1,32	91,5	0,155	1800
92	191	17,5	64,5	126,5	1,37	93	0,205	1150
92	190	17,45	64,5	125,5	1,366	93	0,201	1200
92	186	17,1	64,5	121,5	1,32	93	0,155	1800
91	186	16,9	63,7	122,5	1,345	92,5	0,18	1500

Digitized by Google

Zahlentafel 8. Handtöter, Wal und Rückleitung.

I	U	Leistung	$I \cdot r$	Handtöter, Wal und Rückleitung Spannung $I(r_u + r_l + 0{,}15)$	Handtöter, Wal und Rückleitung Widerstand $r_u + r_l + 0{,}15$	tötende Spannung $I \cdot 0{,}87$	Übergangswiderstand des Handtöters $r_u = r - (0{,}87 + 0{,}15)$	äquivalente Elektrodenfläche	reduzierte Stromdichte $\frac{I \cdot 45\,000}{\frac{\pi}{4} \cdot 2{,}9^2 \cdot 10^6}$
A	V	kVA	V	V	Ω	V	Ω	cm²	A/45 000 mm²
41	210	8,6	16,8	193,2	4,7	35,7	3,68	14	0,28
50	202	10,1	20,5	181,5	3,63	43,5	2,61	31	0,34

geführt (Abb. 12), der größte Blauwal legt sich sofort zur Seite (Zahlentafel 8).

Wal Nr. 37, 1935/36, männlicher Blauwal, 22,6 m lang, 3,2 m höchste Breite. Die Harpune ist bei der Rückenflosse eingeschossen, eine Klaue kommt heraus, der Wal wird durch den Strom festgehalten. Widerstand der Leitungen: $r = 0{,}409\ \Omega$. Leitungswiderstand im Wal: $r_l = 0{,}87\ \Omega$.

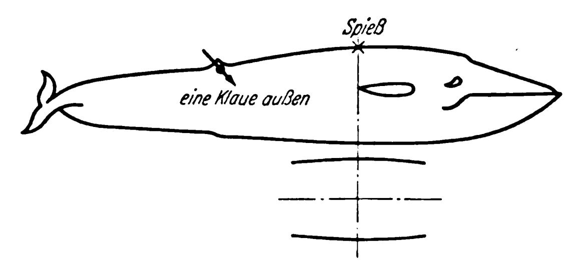


Abb. 12. Anwendung des Handtöters.

Obgleich die Oberfläche des Handtöters eben ist, ohne jede Erhöhung, ist dieselbe doch nur mit:

$$14\ \text{cm}^2 = \frac{1}{25} \cdot 350 \text{ und } 31\ \text{cm}^2 = \frac{1}{11{,}3} \cdot 350$$

wirksam; man hätte gerade hier guten Kontakt zwischen Elektrode (Handtöter) und Walfleisch voraussetzen dürfen.

Bei 248 in einer Saison getöteten Walen hat ein Walboot den Handtöter vierzehnmal benutzt, ein anderes Walboot bei 232 Walen nur einmal.

C. Wirkung des Stromes auf den Wal.

Entsprechend der niedrigen Entwicklungsstufe des Wals (geringe Gehirnmasse), verglichen mit anderen Säugetieren, muß für die elektrische Tötung eine höhere Stromdichte benutzt werden. Sie ist allerdings bei 220 V höher als notwendig, aber in dem groben Betrieb des Walfanges muß mit großer Stromreserve gearbeitet werden, um auch bei eintretendem Nebenschluß sicher töten zu können.

Vom plötzlichen Tod bis zur teilweisen Muskelkontraktion sind alle Zwischenstufen möglich. Den eingetretenen Tod kann man mit Sicherheit nur an dem Öffnen des Maules feststellen; der Unterkiefer senkt sich. Diese Erschlaffung erfolgt jedoch langsam und ist infolge Seegangs oft nicht gleich bemerkbar. Beobachtet man diesen Zustand nach 10 bis 30 s, so darf man mit Sicherheit davon ausgehen, daß der Tod augenblicklich eingetreten war. Sonst muß man mit Bewußtlosigkeit rechnen[1]), die rasch zum Tode führt.

Für elektrische Waltötung ist der Schuß in die Muskulatur o b e r h a l b d e s R ü c k g r a t e s der häufigste und wirkungsvollste. Der Rücken des Wals kommt bis rd. 1 m Höhe aus dem Wasser; daher trifft die Mehrzahl der Harpunen den in Abb. 13 schraffierten Teil des Wales. Der Einschuß in Nähe des Rückgrates gibt einen Stromverlauf parallel mit diesem; ohne Ausnahme legen sich alle Wale sofort zur Seite; die Stromstärke schwankt dabei um 40 A; der Tod tritt rasch ein, der Wal treibt hoch über Wasseroberfläche.

Der Wal dreht sich um 80 ° bis 90 °, die Seitenflosse und die Schwanzflosse ragen aus dem Wasser; erstere sinkt dann rasch nach unten, oder sie liegt von vornherein hart am Körper, je nach der Stellung, in der diese zur Steuerung benutzte Flosse vom Strom überrascht wird.

Besonders empfindlich gegenüber dem elektrischen Strom sind die Finnwale. Selbst beim Schuß der Harpune durch die oberste Specklage, oder wenn bei zu langem Schußabstand die Harpunenspitze wohl in den Wal dringt, aber sofort wieder zurückgleitet, werden Finnwale getötet, oder sie zeigen sich nach einem solchen Stromstoß von ½ bis 1/20 s oft so benommen, daß sie nicht entfliehen können.

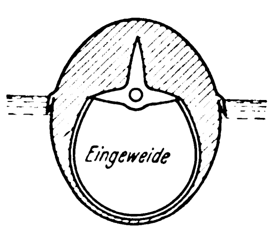


Abb. 13. Querschnitt durch Blauwal.

Die Schüsse u n t e r h a l b d e s R ü c k g r a t e s (das sind Lungen-, Herz-, Magen-, Eingeweideschüsse) bilden die zweite Gruppe; ihr Kennzeichen ist die höhere Stromstärke, ausgelöst durch den niedrigen Übergangswiderstand in einer elektrolytreichen Umgebung (Blut- und Mageninhalt). Auch bei Lungen- und Herzschuß tritt der Tod sofort ein.

Die Muskelzusammenziehung ist jedoch bei den Schüssen o b e r h a l b des Rückgrates energischer, und der Wal treibt höher über der Wasseroberfläche. Der elektrisch getötete Wal treibt nämlich, da der Strom das Tier an der Wasseroberfläche überrascht und es verhindert, die zum Tauchen notwendige Bewegung des Schwanzes und die Verringerung des Volumens durch Zusammenziehung auszuführen. Dagegen würde ein schon untergetauchter Wal, welcher nachträglich unter Strom gesetzt wird, nicht an der Oberfläche treiben.

Einige Sondererscheinungen.

1. In einigen Fällen wurde ein Zurückbiegen des Kopfes und Vorderkörpers in die gestrichelte Lage (Abb. 14) beobachtet; dabei lag der Harpunenkopf

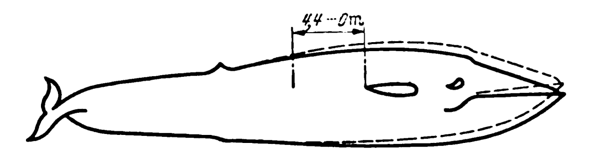


Abb. 14. Zurückbiegen des Vorderkörpers, bei bestimmten Einschüssen und älteren Tötungsmaschinen beobachtet.

zwischen 0 und 4,4 m hinter der Flossenspitze. Der Wal war bewußtlos und lag auf der Seite. Diese Erscheinung konnte indessen nur bei den älteren elektrischen Tötungsmaschinen für rd. 160 V wahrgenommen werden; bei Übergang auf 220 V verschwand sie.

2. Einige Wale kamen bei elektrischem Schuß mit dem Kopf in senkrechter oder schräger Stellung über Wasser; das rasche Öffnen des Maules in diesen Fällen zeigte den Tod an. Zwei Wale wurden fast in ganzer Körperlänge über die Wasseroberfläche geworfen; hier müssen Muskelkontraktion und Schwanzschlag, der letztere

[1]) Mit Bewußtlosigkeit ist der Zustand bezeichnet, in welchem der Wal bewegungslos auf der Seite liegt und nicht bläst, die Augen sind geschlossen.

Digitized by Google

vielleicht als Folge der ersteren, zu einer resultierenden Bewegung zusammengewirkt haben.

3. Eine ausgesprochen partielle Muskelzusammenziehung zeigen einige Fälle, in denen der Wal bewußtlos auf der Seite lag, während die Schwanzflosse sich in kurzen Stößen bewegte. Der Wal wirkte wie ein Schiff ohne Steuerung; er beschrieb ein Kreisbogenstück mit dem Ein- bis Zweifachen seiner Länge. Auch diese Erscheinung verschwand bei Übergang von 160 auf 220 V; sie war bei Magenschüssen mit sehr hohem Stromverbrauch aufgetreten.

Nach den gesammelten praktischen Erfahrungen unterscheidet man zwei Arten von Tötungsvorgängen: Bei dem einen tritt der Tod sofort oder im Verlauf einiger Sekunden ein; es ist ein jäher Sturz des Lebens, an dem auch die sofortige Abschaltung des Stromes nichts mehr ändert. Bei dem anderen erlischt das Leben nach eingetretener Bewußtlosigkeit allmählich, proportional der Zeit- und Stromdichte; hier würde die Möglichkeit bestehen, durch Abschalten des Stromes den Wal zum Aufleben zu bringen. Ein solches Experiment macht man natürlich nicht freiwillig beim Walfang, es wäre zu teuer und gefährlich. Die ersten Versuche der elektrischen Tötung mit provisorischem Material, zu kurzer Stromzuleitung mit Stromabbruch bei falscher Manövrierung, bewiesen, daß in gewissen Fällen ein Wiederaufleben eintreten kann.

Im Beginn wurde, um Verluste auszuschalten, nur im Umschuß elektrisch geschossen, also nachdem ein Granatschuß vorausgegangen war. Diese 31 durch das Schleppen des Walbootes ermüdeten Tiere hatten einen rd. 20 % geringeren elektrischen Widerstand als alle Wale, die nur elektrischen Schuß erhielten; der Säuregehalt muß also größer gewesen sein.

Die Rückkehr aus der Bewußtlosigkeit ist abhängig von der Lage der Einschußstelle, der Stromdichte, der Zeitdauer der Stromwirkung, vom Alter und vom körperlichen Zustand; ein junges oder mageres Tier hat mehr Lebenskraft als ein altes bzw. fettes; das frische, ausgeruhte Tier widersteht dem elektrischen Strom besser als das abgehetzte.

D. Weshalb sollen Wale durch elektrischen Strom getötet werden?

1. Weil diese großen Tiere nur sehr schwer auf mechanischem Wege getötet werden können. 1 bis 7 Harpunen, welche mit Granate versehen sind, werden in den Wal geschossen, der Kampf dauert ½ h bis mehrere Stunden, ausnahmsweise bis 12 h, wenn ein Wal bei Eintritt der Dunkelheit festgeschossen wird und das Boot bis Tagesanbruch schleppt.

Sind Steuerbord- und Backbordharpune festgeschossen und der Wal kann, wie es meistens der Fall ist, nicht sterben, dann gibt es nur zwei Möglichkeiten: Der „Töter“, d. i. eine Harpune ohne Klauen, jedoch mit Granate versehen, wird in das Tier geschossen, das mit zwei Tauen vor dem Schiffsbug festgehalten liegt. Mit dem Winsch wird der „Töter“ aus dem Körper herausgerissen, mit neuer Granate versehen und wieder geschossen usw., bis das Tier stirbt. Oder man tötet „mit Luft“, d. h. in das voll lebende und blasende Tier wird Luft gepumpt, ein Erstickungstod, welcher rd. ½ h erfordert. Es nutzt nichts, die Ladung der Granate zu erhöhen, die Granattötung muß die ihr anhaftenden Grausamkeiten beibehalten, der Wal muß möglichst lebend voran den Bootsbug gebracht werden, denn diese Granatwale sinken, und die Walverluste würden zunehmen.

2. Die Walverluste der Granattötung, gemeint sind die Wale, welche durch Reißen der Taue oder Herausreißen der Harpune verlorengehen, betragen nach den bisherigen Erfahrungen rd. das Vierfache derjenigen der elektrischen Tötung. Hierzu kommen aber noch Walverluste verursacht durch Schuß über zu weite Entfernung; in diesen Fällen explodiert die Granate im Walkörper, aber die Klauen bekommen keinen Halt im Wal, die Harpune gleitet wieder heraus; auch diese Wale müssen sterben. Ferner haben Granaten nachweislich auch bei Explosionen außerhalb des Walkörpers diesem tödliche Wunden zugefügt, besonders an den empfindlichen Seitenflossen. Man sieht heute wenig Blauwale, welche nicht durch Harpunenfehlschuß gezeichnet sind. Der allzu große Fang, das Fangverfahren und ihre jetzige rücksichtslose Handhabung bilden einer ernste Gefahr für den Walbestand.

3. Granatsplitter bilden ein wesentliches Hindernis bei der Gewinnung von Nebenerzeugnissen. Der Kampf mit dem Wal, welcher durch Granatharpune festgeschossen ist, führt eine ungleich größere Belastung für Fangmaterial, Walboot, Maschine und Mensch mit sich als bei elektrischer Tötung und fordert höhere Mengen an Heizöl.

Zusammenfassung.

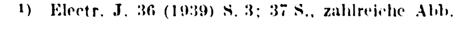
Der tötende Spannungsteil ist sehr gering, rd. 35 V für die meisten Schüsse, sinkt jedoch gelegentlich bis rd. 15 V herab. Die tötende Stromdichte ist größer als die bei Menschen. Der Einschuß oberhalb des Rückgrates hat bei kleinster Stromstärke meist energische Muskelkontraktion zur Folge, die größten Tiere legen sich sofort auf die Seite und treiben dabei am höchsten über Wasser. Der Übergangswiderstand von Elektroden im tierischen Körper (Harpunenkopf) ist bei Muskelschüssen verhältnismäßig groß. Die physiologischen Erscheinungen gleichen den bei Menschen beobachteten und sind ebenso reich an Schattierungen.

Aus der amerikanischen Elektrotechnik des Jahres 1938.

DK 621.3.002.2(73)

Auf allen drei Gebieten der amerikanischen Elektrizitätserzeugung, -verteilung und -anwendung ergaben sich im Jahre 1938 außer Neuerungen auch Fortschritte und Weiterbildungen bisheriger Ausführungen. Im folgenden wird eine gedrängte Übersicht der wichtigsten erzielten Verbesserungen gegeben[1]).

Bei der Stromerzeugung ist besonders der starke Ausbau von Wasserkräften bemerkenswert. Die Maschineneinheiten für das Elektrizitätswerk Boulder Dam sind für je 82 500 kW geplant, während die Generatoren im Grand Coulee-Werk je 108 000 kVA abgeben werden. Im erstgenannten Werk wurden zwei Einheiten aufgestellt, die im Laufe der nächsten Zeit auf acht vermehrt werden; dabei kommen neuartige Synchronisiereinrichtungen zur Ausführung. Bei den Dampfkraftanlagen ist erhöhte Ausnutzung des Brennstoffs und verbesserte Kesselgestaltung festzustellen. Bei Großanlagen, wie am Ohio bei Pittsburgh, hat sich die Stokerfeuerung gut bewährt. Der amerikanische Turbogeneratorenbau war im Berichtsjahr durch Großaufträge stark beschäftigt, so daß Entwicklungs- und Forschungsaufgaben etwas in den Hintergrund traten. Fast 60% der großen Einheiten wurden mit Wasserstoffkühlung ausgeführt; etwa zwei Drittel der Maschinen laufen mit 3600 U/min. Bei dieser Drehzahl hatte die größte wasserstoffgekühlte Maschine 58 825 kVA Nennleistung, während die größte luftgekühlte Einheit für 68 800 kVA gebaut wurde. Der große Vorteil der Maschinen mit hoher Drehzahl hinsichtlich Leistungsgewicht und erforderlichem Raum trat deutlich in Erscheinung. Die erreichten mittleren Dampfwerte von etwa 100 at und 520 °C wurden kaum geändert. Der größte Generator für 1800 U/min mit Wasserstoffkühlung hat eine Leistung von 75 000 kVA. Die Ausführung von unmittelbar gekuppelten Erregermaschinen für 3600 U/min in verbesserter Bauart erleichterte in vielen



[1]) Electr. J. 36 (1939) S. 3; 37 S., zahlreiche Abb.

Füllen den Betrieb. Synchrone Phasenschieber wurden bisher für niedrige Drehzahlen, neuerdings zunehmend zweipolig für 3600 U/min mit Walzenläufer und für Wasserstoffkühlung ausgeführt; die Erregung erfolgt bisweilen durch Quecksilberdampfgleichrichter.

Auf dem Gebiete der Kraftübertragung haben sich Regeltransformatoren zur Spannungsregelung bewährt. Der größte ausgeführte Regeltransformator hat eine Leistung von 40 000 kVA mit einem Regelbereich bis zu 16%. Auf die Kupfertemperatur ansprechende Ölrelais ermöglichen den Schutz der Großtransformatoren gegen Überlastung und innere Störungen. Für Zeiten der Überlastung wird zusätzliche Beblasung der Kühltaschen mit gutem Erfolg angewendet. Um Feuersicherheit zu erreichen, werden Niederspannungstransformatoren in kleineren Verteilungsanlagen entweder mit Pyranol gefüllt oder mit Luftkühlung ausgeführt. Erdungswiderstände aus rostfreiem Stahl erscheinen wegen ihres Wärmeverhaltens mit Selbstschutzwirkung und durch erhöhte Korrosionsfestigkeit überlegen. Bei Leistungsschaltern hat sich ihre selbsttätige Wiedereinschaltung nach Abschaltungen, z. B. durch Blitzwirkung in etwa 85% aller Fälle bewährt. Der Deion-Schalter wurde als ölloser Luftschalter für 15 kV, 37 kA Abschaltstrom und für 2,5 sowie 5 kV in Unterwerke eingebaut. Induktionsregler erhielten kleinere Abmessungen und vielfach Inerteen-Füllung. Freileitungsisolatoren wurden so gestaltet, daß Rundfunkstörungen durch Entladungsvorgänge vermieden werden. Durch verbesserte Meßgeräte wurde die Leistungsmessung vereinfacht. Bei Hochspannungserzeugern machen sich Normungsbestrebungen geltend, so daß durch Zusammenschalten mehrerer Einheiten größere Leistungen erreichbar werden. Die stroboskopische Zählereichung hat sich bewährt. Relais- und Zählergehäuse werden einheitlich ausgeführt. Weitere Kontaktdurchbildung ermöglichte Fortschritte im Relaisbau. Die mathematischen Verfahren für Berechnung und Theorie wurden weiter vervollkommnet; insbesondere ermöglichten verbesserte Rechenverfahren und ihre Anwendung bei der Netzwerkplanung die Vereinfachung der Netzberechnungen, wofür teilweise neue Sondergeräte entwickelt wurden.

Fortschritte der industriellen Anwendung elektrischer Energie werden durch zunehmende Zahl und Größe der motorischen Antriebe sowie Sonderausführungen gekennzeichnet. Lärmminderung, Anpassung an betriebliche Besonderheiten und vereinfachte Herstellung durch Schweißen stehen im Vordergrund. Insbesondere in Stahl- und Walzwerken wurden weitere Großantriebe ausgeführt; das größte Walzwerk hat in einem Antriebsmotor 13 000 PS vereinigt. 5000 PS-Umkehrmotoren erhielten feuersichere Glasisolation. Auch die Walzenstraßen werden meist durch Gleichstrommotoren angetrieben. Bemerkenswert ist die Entwicklung und Ausführung der Warmwalzwerke für Dauerdurchlauf, wobei trotz erhöhter Güte und Gleichförmigkeit der Erzeugnisse die Herstellungskosten vermindert wurden. Teilweise werden die Walzgerüste dabei durch Synchronmotoren angetrieben. Ferner ging im Berichtjahr bei Cleveland das größte Breitbandwalzwerk für kaltgewalzte Bleche von 2,40 m Breite mit insgesamt 7100 PS Antriebsleistung in Betrieb. Die Überwachung von Tiefziehpressen wurde durch Photozellen ermöglicht, was sich gut bewährte. Im Carnegie-Illinois-Stahlwerk wurde in der Niederspannungsschaltanlage infolge der großen Stromstärken die Verwendung unmagnetischer Werkstoffe notwendig. Die Antriebsausbildung von Walzwerken durch unmittelbare Kupplung der Motoren ohne Zwischengetriebe hat sich bewährt. Die Anwendung der Synchronsteuerung ermöglichte die verbesserte Herstellung von gummigeschützten Leitungen. Für Bergwerke und gefährdete Betriebe nahm die Ausbildung geschützter Maschinen und Geräte zu; für Grubenlokomotiven bewährten sich Nockenschaltwalzen. Die Anwendung selbsttätiger dynamischer Bremsen erhöhte die Sicherheit im Lokomotivbetrieb. Durch Schutzgasatmosphären wurde die Anwendungsmöglichkeit industrieller Elektroöfen erweitert; Blankglühöfen bewährten sich gut. Die Isolation von Heizelementen auf keramischer Grundlage erscheint aussichtsreich und ermöglicht einen gedrängten Aufbau. Die Induktionsheizung mit Hochfrequenz von 15 000 bis 30 000 Hz bewährte sich und wurde bis zu 25 kW ausgeführt. Auf fast allen Gebieten der Elektrizitätsverwertung in der Papierindustrie wurden beträchtliche Fortschritte erzielt; die Sonderantriebe, Regeleinrichtungen, Schaltanlagen und Meßgeräte wurden den Betriebsbedingungen entsprechend weitergebildet. In der chemischen Technik führten sich Gleichrichter immer mehr ein; es wurde in Buffalo eine Anlage für 4800 A bei 285 V Gleichspannung mit sechs Einheiten in Betrieb genommen, wobei sich Zündgleichrichter gut bewährten und sich gegenüber umlaufenden Umformern beträchtlich überlegen zeigten. Für das Colorado-Pumpwerk wurden Synchronmotoren mit je 12 500 PS mit senkrechter Welle als Pumpenantriebe ausgeführt. Die mittelbare Kühlung der für die Phasenwinkelverbesserung von Induktionsöfen vorgesehenen Kondensatoren wurde mit Wasser versucht, wodurch sich eine starke Raumersparnis bzw. erhöhte Belastbarkeit ergab. Die weite Geschwindigkeitsregelung bei Plandrehbänken zur Bearbeitung von Schiffsschrauben wurde mit besonderen Steuerumformern ermöglicht. Im Schalterbau wurden öllose, korrosionsfeste und explosionsgeschützte Leistungsschalter entwickelt. Einphasige Kondensatormotoren wurden bis zu 40 PS, 25 Hz bzw. 75 PS, 60 Hz gebaut. Durch Anwendung von Elektronenröhren gelang es, den Stromübergang beim Schweißen durch Steuerung der Schaltgeräte vorteilhaft zu unterbrechen und Punktschweißeinrichtungen selbsttätig zu steuern. Der erweiterte Windkanal von Massachusetts erhielt einen Lüfter für eine Windgeschwindigkeit bis zu rd. 180 m/s; der Antrieb erfolgt durch einen polumschaltbaren Käfigläufer von 2000 PS mit vier Drehzahlen. Die stoßdämpfende Wirkung umlaufender Umformer verhindert die störende Rückwirkung der beim Schweißen auftretenden Stromstöße auf das speisende Netz. Bei Kugelmühlen und anderen Antrieben bewährten sich Hartgewebelager mit Wasserkühlung vielfach gut; es ergaben sich durch sie Schmiermittel- und Kraftersparnisse. Zweckentsprechende Meßgeräte ermöglichten bei vielen Antrieben eine wirtschaftlichere Bedienung.

Auf dem Gebiet elektrischer Bahnen und Fahrzeuge stellte die Schaffung des windschnittigen P C C-Straßenbahnwagens eine beachtliche Verbesserung dar. Bei Fahrdrahtbussen ließ sich durch die dynamische Bremswirkung eine Senkung der Betriebskosten mit Verschleißminderung herbeiführen. Die Manhattanbahn erhielt für die Speisung zwei sechsphasige 3000 kW-Gleichrichter für 640 V mit Gittersteuerung; das Unterwerk arbeitet selbsttätig und hat Fernmessung. Es wurden im Berichtsjahr über 200 benzin-elektrische Omnibusse für je 150 PS, 300 A und 300 V gebaut, da die elektrische Kraftübertragung im Stadtverkehr beträchtliche Vorteile aufweist. Für Fracht- und Güterzüge wurden Elektrolokomotiven mit 3700 kW Dauer- und 7400 kW Spitzenleistung entwickelt. Die Vermehrung der Anfahrstufenzahl bewährte sich allgemein. In beträchtlichem Umfange wurden selbsttätige Fördereinrichtungen, Aufzüge und Paternoster gebaut. Die Besteigung des Cannon-Berges ist durch die neue Seilschwebebahn in wenigen Minuten möglich, wobei weitgehende Sicherheitseinrichtungen einen einwandfreien Betrieb ermöglichen. Das neue New-Yorker Feuerlöschboot verspritzt bei Volleistung nahezu 1½ t Wasser in der Sekunde und besitzt 2 Dieselmotoren von je 1500 PS, 6 Generatoren und die entsprechenden Pumpenmotoren. Für Eisbrecher wurden kleinere und gewichtsärmere, aber leistungsstärkere dieselelektrische Antriebe entworfen, wobei Motoren mit breitem Anker und kleinem Durchmesser zur Ausführung kamen. Synchronsteuerungen ermöglichten die vereinfachte Bauart von Schiffssteuerungen. Die Hilfsmotoren und ihre Überwachungseinrichtungen auf den Kohlenbooten wurden beträchtlich vervollkommnet. In Boston wurde der erste Unterpflaster-Fahrdrahtbus mit Einmotor-Antrieb von 92 kW in Betrieb genommen. Die neun Unterwerke der elektrisierten Strecke Harrisburg—Philadelphia werden von Harrisburg aus ferngesteuert und überwacht.

Die Beleuchtungstechnik erhielt mit den Fluoreszenzlampen eine weitere Lichtquelle, deren Reichtum an Ultraviolettstrahlung mittels besonderer Leuchtstoffe in sichtbare Strahlung wirksam umgewandelt und nutzbar gemacht wird; hierbei sind Farbwirkungen möglich. Für den Neufundländer Großflughafen wurde die Beleuchtungsanlage entworfen und besondere Scheinwerfertürme zur Ausführung gebracht. Auch die Glühlampen erfuhren Verbesserungen; die größte Glühlampenleistung bei Normalsockel wurde von 200 auf 300 W gebracht. Gasentladungs- und Mischlichtlampen wurden zunehmend für die verschiedensten Zwecke verwendet; die Strahlung der erstgenannten wurde verbessert. Für Sonderzwecke wurden Sonderlampen entwickelt. Die Gestaltung der Leuchten erfuhr durch verbesserte Rückstrahler eine wesentliche Vervollkommnung. Die Untersuchung arbeitsbedingter, notwendiger Lichtstärken gab die Möglichkeit zur verbesserten Arbeitsplatz- und Allgemeinbeleuchtung in Werk- und Büroräumen. Verbesserte Straßenbeleuchtungen setzten die Unfallziffern merklich herab.

Hochfrequenzanlagen und Röntgenröhren für Radiogramme, Durchstrahlungen, Werkstoffprüfung und andere Zwecke wurden für größere Leistungen entwickelt. Für elektromedizinische Zwecke wurde eine 400 000 V-Röhre hergestellt. Neuere Aufnahmeeinrichtungen zielen auf eine verkürzte Belichtungsdauer ab. Die Entwicklung fahrbarer Röntgenanlagen

Digitized by Google

für industrielle Zwecke, Schweißnahtprüfungen u. a. erscheint aussichtsreich.

Die Fortschritte bei der Anwendung der elektrischen Haus- und Kältetechnik erstrecken sich auf vereinfachte Klimaanlagen, die als fertige Einheiten eingebaut werden können. Weiter wurden Anlagen für Kaltwasserbereitung in Verbindung mit Klimatisierung gebaut. Bei den Kühlschränken wurden außer kleineren Verbesserungen durch Einbau von Entkeimungslampen Fortschritte erzielt.

Auf dem Gebiete der Forschung ist die neue Atomkern-Untersuchungsanlage in Pittsburgh zu erwähnen; der Massenspektrograph und die Kernbeschußanlage ermöglichen eingehende Atomkernuntersuchungen. Um die elastischen Eigenschaften einzelner Metallkristalle, das Kriechen von Stählen u. a. untersuchen zu können, wurde eine selbsttätig arbeitende Meßeinrichtung mit elektrisch geheiztem Vakuumofen gebaut, mit deren Hilfe Einblicke in das atomare Verhalten der Metalle bei erhöhten Temperaturen gewonnen werden können. Photoelastische Prüfverfahren und Modelluntersuchungen fanden weitgehende Anwendung. Für Schwingungs- und Dämpfungsmessungen wurden besondere Schwinggeneratoren entwickelt.

Tsch.

Leitsätze für Erdungen in Wechselspannungsanlagen über 1 kV.

VDE-Ausschuß für Erdung.

DK 621.316.99.027.5/.8(083.133)

VDE 0141

Entwurf.

Einspruchsfrist: 15. 12. 1939.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Leitsätze treten am .... in Kraft[1]).

§ 2

Geltungsbereich.

Diese Leitsätze gelten für Erdungen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1 kV und darüber.

Sie gelten nicht für die gesamten Fahrleitungsanlagen und Fahrzeuge elektrischer Bahnen, Anlagen in Bergwerken über und unter Tage, sowie Röntgenanlagen.

Für Leuchtröhrenanlagen gilt VDE 0128.

[1]) Genehmigt durch ....

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

Erdpunkt. Erderarten. Erdungsarten.

a) Erdpunkt ist eine Stelle der Erdoberfläche (Bezugserde für Messungen), die das Potential Null hat.

b) Erder sind Leiter, die ins Erdreich eingebettet sind und mit ihm in inniger Berührung stehen. Ihr Zweck ist, einen Strom nach Erde überzuleiten.

c) Tiefenerder sind Erder, die möglichst bis in dauernd gut durchfeuchtetes Erdreich eingesenkt werden.

Hierzu gehören:

1. Staberder, die durch eingetriebene Metallstäbe oder -rohre gebildet sind.
2. Plattenerder, die unter Verwendung von Metallplatten hergestellt sind.

d) Oberflächenerder sind Erder, die in mäßiger Tiefe verlegt werden. Sie haben in der Regel eine erheblich größere räumliche Ausdehnung als Erder nach c).

Hierzu gehören:

1. Strahlenerder. Ein Metallband oder -seil ist ausgestreckt verlegt. Man unterscheidet Ein- oder Mehrstrahlenerder.
2. Ringerder. Ein langes Metallband oder -seil ist als Ring mit großem Durchmesser verlegt.
3. Maschenerder. Ring- und Strahlenerder sind zusammengesetzt.

e) Erden heißt, eine metallene Verbindung mit einem Erder herstellen.

f) Erdung ist die Gesamtheit von Erdern und Erdungsleitungen. Nach der Zweckbestimmung unterscheidet man folgende Erdungsarten:

1. Betriebserdung ist eine Erdung, die für das betriebsmäßige Arbeiten von Geräten oder Anlagen notwendig ist.
2. Schutzerdung ist die Erdung eines Anlageteiles, der betriebsmäßig keine Spannung führt, zum Schutze von Menschen gegen unzulässig hohe Berührungsspannung (§ 5).
3. Vorübergehende Schutzerdung ist eine Erdung zum Schutze von Menschen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen.
4. Blitzschutzerdung ist die Erdung eines Anlageteiles, der betriebsmäßig keine Spannung führt, zur Ableitung der durch Blitzeinschlag verursachten Stoßströme nach Erde.

Digitized by Google

g) **Erdungsleitung** ist eine Verbindungsleitung zu einem Erder. Die Teile der Zuleitungen zu einem Erder, die unisoliert im Erdreich eingebettet sind, gelten als Teile des Erders und nicht als Erdungsleitungen.

h) **Erdungssammelleitung** ist eine Zuleitung zum Erder, an der mehrere Erdungsleitungen angeschlossen sind.

§ 4.

Ausbreitungswiderstand, spezifischer Bodenwiderstand, Bodenleitfähigkeit.

a) **Ausbreitungswiderstand** eines Erders ist der Widerstand zwischen Erder und Erdpunkt.

Stoßausbreitungswiderstand ist der beim Durchgang von Stoßströmen wirksame Widerstand zwischen Erder und Erdpunkt. Er ist eine Beurteilungsgröße der Blitzschutzerdung und hat je nach Art der Erdung und der Erdungsverhältnisse einen während des Stoßstrom-Durchganges veränderlichen Wert.

b) **Spezifischer Bodenwiderstand** (Einheit Ωcm) ist der Widerstand eines Zentimeterwürfels Erdreich zwischen zwei gegenüberliegenden Würfelflächen, gemessen in Ohm.

c) **Bodenleitfähigkeit** ist der Kehrwert des spezifischen Bodenwiderstandes in $S \cdot cm^{-1}$.

§ 5.

Berührungsspannung, Schrittspannung.

a) **Berührungsspannung** ist die im Störungsfalle zwischen einem nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden leitfähigen Anlageteil und Erde auftretende Spannung, soweit sie von einem Menschen überbrückt werden kann.

b) **Schrittspannung** ist die Spannung, die in der Umgebung eines stromdurchflossenen Erders oder einer Erdschlußstelle an der Erdoberfläche mit einem Schritt (etwa 1 m) überbrückt werden kann.

§ 6.

Erdschluß, Erdschlußstrom, Erdschlußlöschung.

a) **Erdschluß** ist die leitende Verbindung (auch über einen Lichtbogen) eines betriebsmäßig isolierten und gegen Erde Spannung führenden Leiters mit Erde oder mit geerdeten Metallteilen.

b) **Doppelerdschluß, Gesellschaftserdschluß, Mehrfacherdschluß** ist die gleichzeitige leitende Verbindung von zwei bzw. mehreren betriebsmäßig isolierten und gegen Erde Spannung führenden Leitern verschiedenen Potentials mit Erde oder mit geerdeten Metallteilen.

c) **Erdschlußstrom** ist allgemein der an der Erdschlußstelle aus dem Betriebsstromkreis zur Erde übertretende Strom.

d) **Erdschlußreststrom** ist der in Netzen mit Erdschlußlöschung an der Erdschlußstelle aus dem Betriebsstromkreis zur Erde übertretende Strom.

e) **Erdschlußlöschung** ist die mehr oder weniger vollständige Aufhebung des Erdschlußstromes.

III. Bestimmungen.

A. Allgemeines über Betriebs-, Schutz- und Blitzschutzerdungen.

§ 7.

Bemessung von Erdungen.

a) Für die Bemessung von Erdungen ist der höchstzulässige Ausbreitungswiderstand maßgebend.

Erdungen sollen so angelegt und bemessen werden, daß sie unter den gegebenen örtlichen Verhältnissen ihrer Zweckbestimmung bei allen Betriebszuständen der Anlage und unter allen Umständen entsprechen, die die Erdungsverhältnisse beeinflussen (z. B. Witterungseinflüsse und Grundwasserstand und dadurch bedingte Änderung der Bodenleitfähigkeit).

b) Ferner ist die Erdung unter Beachtung der Boden- und Feuchtigkeitsverhältnisse an der Erdungsstelle zweckentsprechend anzuordnen und sicher zu verlegen.

c) Wenn bei Schutzerdungen wegen technischer Schwierigkeiten die Bedingungen dieser Leitsätze nicht erreicht werden können, so sind zusätzliche Schutzmaßnahmen zu treffen (§ 16).

§ 8.

Bodenleitfähigkeit.

Die Bodenleitfähigkeit hängt von der Art des Erdreiches, seiner Schichtung, seinem Feuchtigkeitsgehalt und seiner Temperatur ab. Gefrorenes Erdreich hat eine stark verminderte Leitfähigkeit. Der Feuchtigkeitsgehalt ändert sich mit dem Grundwasserstand und der Witterung; er ändert sich in den obersten Bodenschichten stärker als in den tieferliegenden. Grundwasser allein braucht noch keine gute Leitfähigkeit zu bedingen. Allgemein gültige Zahlenwerte für die Bodenleitfähigkeit können deshalb nicht angegeben werden.

§ 9.

Anlage von Erdern.

a) Allgemeines.

Der Erder muß in inniger Berührung mit dem umgebenden Erdreich stehen. Gut leitende Erdschichten sind zu bevorzugen. In trockenen Erdschichten sind die Erder einzuschlämmen oder sorgfältig zu verstampfen. Steine und grober Kies unmittelbar am Erder sind nachteilig.

Die Leitfähigkeit der Bodenschicht um den Erder herum läßt sich in schlecht leitendem Erdreich durch Zusatz von Soda verbessern. Zweckmäßig werden zum leichten Nachfüllen von Sodalösung Staberder aus durchlöcherten Rohren benutzt (Tränkerder).

Müssen Erder an Stellen angelegt werden, wo Baugruben ausgehoben sind, so empfiehlt es sich, sie von der Grubensohle aus einzubringen.

Die Ausführung der Anschlußstelle der Zuleitung am Erder muß einen sicheren Kontakt dauernd gewährleisten. Anschlußstellen und Verbindungen müssen entweder durch mindestens zwei gesicherte Schrauben verschraubt oder verschweißt sein. Bei Seilen ist auch Kerbverbindung zulässig.

Für die Nachprüfung des Ausbreitungswiderstandes eines Erders muß in der Erdungsleitung eine zugängliche, lösbare Verbindung vorgesehen werden.

b) Baustoffe.

Als Baustoff für Erder ist zweckmäßig feuerverzinkter Stahl zu verwenden. Werden Altstoffe (Rohre, Profileisen, Kesselbleche und Seile) benutzt, so muß die Dicke und der Querschnitt mindestens 50% größer sein, als für feuerverzinkten Stahl gefordert wird. Leichtmetalle eignen sich nicht für die Verlegung im Erdreich.

c) Staberder.

Der Ausbreitungswiderstand eines Staberders (Rohr oder Profileisen) ist hauptsächlich von seiner Länge und weniger von dem Rohrdurchmesser oder den Profilabmessungen abhängig.

Die in Tafel I angegebenen Rohr- und Profilgrößen sollen nicht unterschritten werden.

Tafel I.

1	2	3
Art des Staberders	Mindestgrößen für Betriebs- und Schutzerdung	Mindestgrößen für Blitzschutzerdung
Gasrohr	2″	¾″
Winkelstahl	∟ 65 · 65 · 7	∟ 35 · 35 · 4
T-Stahl	⊥ 6	⊥ 3½
U-Stahl	⊏ 6½	⊏ 3

Sind mehrere Staberder nötig, um den erforderlichen Ausbreitungswiderstand zu erreichen, so ist möglichst ein gegenseitiger Mindestabstand von der doppelten Länge der Erder einzuhalten.

d) Plattenerder.

Für Plattenerder sind mindestens 3 mm dicke Bleche zu verwenden.

Plattenerder sind senkrecht stehend einzubetten.

Sind mehrere Plattenerder nötig, um den erforderlichen Ausbreitungswiderstand zu erreichen, so ist möglichst ein gegenseitiger Mindestabstand von 5 m einzuhalten.

e) Oberflächenerder.

Für Oberflächenerder ist Bandstahl von mindestens 3 mm Dicke und mindestens 50 mm² Querschnitt oder auch Stahlseil von gleichem Querschnitt zu verwenden.

Oberflächenerder sollen im allgemeinen ½ bis 1 m tief verlegt werden, wenn die Bodenverhältnisse dies erlauben.

Auf die Abhängigkeit der Oberflächenerder vom Feuchtigkeitsgehalt der oberen Bodenschichten ist bei der Bemessung Rücksicht zu nehmen.

Digitized by Google

Strahlen von Oberflächenerdern sollen mindestens 10 m und möglichst nicht mehr als 50 m lang sein. Die Strahlen sind möglichst gleichmäßig zu verteilen.

Es ist im allgemeinen vorteilhafter, einen Mehrstrahlenerder zu verlegen, als die Länge eines Strahles zu groß zu wahlen.

Bei Ring- und Maschenerdern soll der Ring-Durchmesser möglichst nicht kleiner als 20 m sein.

§ 10.

Ausführung und Bemessung von Erdungsleitungen.

a) Erdungsleitungen sind gegen mechanische und chemische Zerstörungen geschützt und möglichst sicher sichtbar zu verlegen.

b) Schalter und Sicherungen sind in Erdungsleitungen unzulässig.

Verbindungsstellen in Erdungsleitungen und in Erdungssammelleitungen sind wie die Anschlüsse an den Erder (§ 9a) herzustellen. Lötung allein ist unzulässig.

c) Jeder zu erdende Anlageteil muß eine Erdungsleitung erhalten, die unmittelbar entweder zum Erder oder zu einer Erdungssammelleitung führt.

Metallgerüste, Grundplatten u. dgl. können als Erdungsleitungen und als Erdungssammelleitungen verwendet werden,

1. wenn sie selbst diesen Leitsätzen entsprechend geerdet sind,
2. wenn die Verbindungsstellen geschweißt sind oder so genietet oder gesichert verschraubt sind, daß sie dauernd gut leitfähig bleiben,
3. wenn Vorsorge getroffen ist, daß durch Anlageteile, die gelegentlich ausgebaut werden können, die Erdung anderer Teile nicht unterbrochen wird.

d) Der Mindestquerschnitt von Erdungsleitungen beträgt:

bei Stahl . . . . 35 mm²,
bei Aluminium . . . . 35 mm²,
bei Kupfer . . . . 16 mm².

Richtwerte für die Strombelastbarkeit verschiedener Querschnitte enthält Tafel II.

Tafel II.

1	2	3	4
Querschnitt mm²	Höchstzulässiger Dauerstrom in Ampere*) bei Stahl	Aluminium	Kupfer
16	—	—	150
35	75	200	250
50	—	250	350
70	150	—	—
100	200	—	—
200	300	—	—

*) unter Zugrundelegung einer Endtemperatur von 150°.

§ 11.

Vorrichtungen für vorübergehende Erdung und Kurzschließung.

a) Die Anschlußstücke der Vorrichtungen für vorübergehende Erdung und Kurzschließung müssen einen sicheren Kontakt gewährleisten. Sie sollen für die höchste, jeweils zu erwartende Stromstärke, mindestens aber für 200 A Dauerstrom bemessen werden.

b) Die Seile für vorübergehende Erdung und Kurzschließung müssen aus Kupfer sein und einen Querschnitt von mindestens 25 mm² haben. Die Seile sollen feindrähtig und schmiegsam sein. Für die Wahl der Seile entsprechend der Kurzschlußstromstärke des Netzes gilt Tafel III.

Tafel III.

Querschnitt des Kupferseiles mm	Höchstzuläss. Kurzschlußstrom während einer Dauer von 5 s A
25	2000
35	3000
50	4000
70	6000

c) Ketten dürfen zum Erden oder Kurzschließen nicht verwendet werden.

Ketten sind nur zugelassen, um den spannungslosen Zustand einer Leitung festzustellen, wenn dazu kein anderes Gerät verfügbar ist, und wenn eigentliche Erdung und Kurzschließung entsprechend den Leitsätzen hergestellt werden.

B. Betriebserdungen.

§ 12.

Bemessung von Betriebserdungen.

a) Auch in Netzen mit isoliertem Sternpunkt gibt es Betriebserdungen z. B. bei folgenden Geräten:

Spannungswandler zum Messen von Leiter-Erdspannungen und Sternpunkt-Erdspannungen,
Erdschlußlöscheinrichtungen,
Überspannungsableiter,
Erdungsschalter.

b) Betriebserdungen müssen so bemessen werden, daß das einwandfreie Arbeiten der Geräte unter den Betriebsbedingungen möglich ist. Wenn der Spannungsabfall an der Betriebserdung 125 V überschreitet, sind die Erdungsleitungen für die auftretende Spannung zu isolieren. Die Erdung selbst ist so anzulegen, daß eine Gefährdung durch Schrittspannung nicht auftritt.

c) Bei Betriebserdungen, die längere Zeit Strom führen können, ist zu beachten, daß der Ausbreitungswiderstand bei länger dauerndem Stromdurchgang infolge Erwärmung des Erdreiches ansteigen kann.

d) Betriebserdungen dürfen nur dann mit Schutzerdungen verbunden werden, wenn beim betriebsmäßigen Arbeiten der Geräte der Spannungsabfall an der Erdung unter 125 V bleibt. Andernfalls sind Betriebserdungen so anzulegen, daß an der Schutzerdung durch eine Beeinflussung von dem stromdurchflossenen Betriebserder her keine höhere Spannung als 125 V auftritt.

e) Die Bedingungen unter a) bis d) brauchen für Überspannungsableiter nicht eingehalten zu werden.

C. Schutzerdungen in Kraft- und Umspannwerken sowie in Schalt- und Verbraucheranlagen.

§ 13.

Bemessung der Schutzerdungen.

a) Bei der Bemessung der Schutzerdungen in Kraft- und Umspannwerken sowie in Schalt- und Verbraucheranlagen sind folgende Ströme zugrunde zu legen:

1. Bei ungelöschten Netzen: der volle Erdschlußstrom des Netzes.
2. Bei gelöschten Netzen:
   α) An Stellen mit eingebauter Erdschlußlöscheinrichtung, wenn Schutzerdung und Betriebserdung verbunden sind, der Strom der Erdschlußlöscheinrichtung zuzüglich des Erdschlußreststromes.
   β) An Stellen mit eingebauter Erdschlußlöscheinrichtung, wenn Schutzerdungen und Betriebserdung getrennt sind, der Erdschlußreststrom des Netzes im ungünstigsten Falle.
   γ) An Stellen ohne Erdschlußlöscheinrichtung der Erdschlußreststrom des Netzes im ungünstigsten Falle.

b) Beim Durchgang dieser Ströme muß der Spannungsabfall an dem Erder unter 125 V bleiben. Hierbei muß beachtet werden, daß der Ausbreitungswiderstand bei länger dauerndem Stromdurchgang infolge Erwärmung des Erdreiches ansteigen kann.

c) Schutzerdungen brauchen nicht für die Stromstärken von Doppel-, Gesellschafts- und Mehrfacherdschlüssen bemessen zu werden.

§ 14.

Ständige Schutzerdungen.

a) Alle betriebsmäßig nicht Spannung führenden und nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Metallteile der Anlagen und Geräte, die in der Nähe von Spannung führenden Anlageteilen liegen oder mit diesen bei Fehlern oder durch Lichtbögen in Verbindung kommen können, sind zu erden.

b) Handräder, Hebel und Kurbeln von Geräten brauchen nicht besonders geerdet zu werden, wenn sie unmittelbar am geerdeten Gerät sitzen. Dagegen müssen sie geerdet werden, wenn in dem Antrieb in der Nähe von Spannung führenden Anlageteilen Gestänge, Wellen, Ketten oder Seile zwischengeschaltet sind.

c) An Schaltwagen-Anlagen müssen die Erdungsvorrichtungen beim Einführen der Wagen früher und beim Ausführen länger als die Schaltstücke für den Betriebsstrom in Eingriff sein.

d) Metallene Schutzgitter sind besonders zu erden, wenn sie nicht mit geerdeten Metallteilen in leitender Verbindung stehen. In Anlagen aus Mauerwerk oder Holz oder unbewehrtem Beton sollen metallene Gebäudeteile, wie Rahmen und Griffe an Türen und Fenstern, Treppen, Leitern u. dgl., ins-

Digitized by Google

besondere solche, die von außen erreichbar sind, nicht geerdet werden.

e) Durchführungen ohne geerdete Flansche (die in Isolierplatten sitzen) und Glasscheibendurchführungen müssen entweder einzeln oder gemeinsam für einen Betriebsstromkreis mit einem geerdeten Metallrahmen umgeben sein.

f) Unterspannungskreise von Meßwandlern müssen unmittelbar an einer Klemme des Wandlers geerdet werden. Ist mit Rücksicht auf die Schaltung beim Zusammenschalten mehrerer Wandler eine Einzelerdung nicht möglich, so genügt eine gemeinsame Erdung der vorhandenen Kreise.

§ 15.

Vorübergehende Schutzerdungen.

Vorübergehende Schutzerdungen, die nach § 6 von VDE 0105/1936 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen" verlangt werden, müssen in Kraft- und Umspannwerken sowie Schalt- und Verbraucheranlagen den Anforderungen der §§ 7 bis 11 und 13 bis 14 entsprechen.

§ 16.

Schutzmaßnahmen bei schwierigen Erdungsverhältnissen.

Wenn bei einer Schutzerdung wegen technischer Schwierigkeiten die Bedingungen nach diesen Leitsätzen nicht erreicht werden können, so sind zusätzliche Schutzmaßnahmen anzuwenden:

a) Tritt im Fehlerfalle eine Berührungsspannung über 125 V aber nicht größer als 250 V auf, so genügt es, die Bedienungsstandorte für 250 V zu isolieren.

b) Können im Fehlerfalle höhere Berührungsspannungen als 250 V auftreten, so sind folgende Schutzmaßnahmen möglich:

1. Die Bedienungsstandorte werden für die größtmögliche Spannung der Leiter gegen Erde isoliert. Diese isolierten Bedienungsstandorte müssen so hergestellt sein, daß der Bedienende erst mit Metallteilen der Anlage in Berührung kommen kann, wenn er den isolierten Standort betreten hat.
2. Die Bedienungsstandorte bestehen aus Metall und werden mit den übrigen Metallteilen leitend verbunden. Das gefahrlose Betreten dieser Bedienungsstandorte muß durch eine isolierende Umrandung von mindestens 1,3 m Breite sichergestellt werden, z. B. durch Gummi oder Linoleum oder in Freiluftanlagen durch Schotter.
3. Alle Bedienungsgriffe und Metallteile, die bei der Betätigung und Bedienung der Anlage berührt werden können, werden von den übrigen Metallteilen der Anlage, z. B. den Traggerüsten, für volle Leitererdspannung, isoliert. Diese zusätzliche Schutzmaßnahme wird in der Regel nur in Stationen aus Mauerwerk, Holz oder dergl. durchgeführt.

D. Schutzerdungen bei Freileitungen, Mastschaltern und Mastumspannstellen.

§ 17.

Bemessung von Schutzerdungen an Freileitungsmasten.

a) Schutzerdungen an Freileitungsmasten gemäß VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen" sind entsprechend Tafel IV zu bemessen. (Blitzschutzerdungen siehe §§ 22 bis 25.)

Tafel IV.

Bemessung der Schutzerdung.

1	2	3
Mastart	In Netzen ohne Erdschlußlöschung	In Netzen mit Erdschlußlöschung
	ohne Erdseil	
Stahlmaste, Betonmaste	Ausbreitungswiderstand der Erdung des Einzelmastes mal Erdschlußstrom ≦ 125 V	Ausbreitungswiderstand der Erdung des Einzelmastes mal Erdschlußreststrom ≦ 125 V
	mit Erdseil	
Stahlmaste, Betonmaste, Holzmaste mit Erdungsleitung (Befestigungspunkt der Isolatoren mit Erdungsleitung und Erdseil verbunden)	Gesamtausbreitungswiderstand mal Erdschlußstrom ≦ 125 V	Gesamtausbreitungswiderstand mal Erdschlußreststrom ≦ 125 V

b) Die Ausbreitungswiderstände von Stahlmasten oder Eisenbetonmasten brauchen nicht den Werten der Tafel IV zu entsprechen, wenn durch die Bauart der Isolatoren und die Anordnung der Leitungen ein Dauererdschluß am Mast bei Isolatorschäden oder Seilbruch unwahrscheinlich gemacht wird.

§ 18.

Mastschalter, Mastumspannstellen und Kabelendmaste.

a) Die Gerüstteile von Mastschaltern auf Holzmasten mit oder ohne Erdseil sollen nicht geerdet, also auch nicht mit dem Erdseil verbunden werden, da die Schalter sonst zu isolationsschwachen Stellen in der Leitung werden. Ist eine Erdung aus irgendeinem Grunde doch unumgänglich, so soll diese entweder am nächsten Mast durchgeführt werden, damit ein Spannungstrichter am Mast, der den Mastschalter trägt, unter allen Umständen vermieden wird.

b) In das Betätigungsgestänge des Mastschalters sind mechanisch zuverlässige Isolatoren einzubauen, die für die volle Betriebsspannung zu bemessen sind. Bei Verwendung eines Betätigungsgestänges aus Metall ist dieses unterhalb der Gestängeisolatoren zur Abführung der Kriechströme zu erden.

c) Mastschalter auf Stahl- und Betonmasten sowie Kabel auf Kabelendmasten sind stets entsprechend den Bestimmungen für Schutzerdung von Stahlmasten nach § 17 a) zu erden.

d) Traggerüste von Mastumspannstellen und von ähnlichen Geräten (z. B. Drosselspulen und Kondensatoren) sind stets entsprechend den Bestimmungen für Schutzerdung von Stahlmasten nach § 17 a) zu erden. Sitzen diese Anlageteile auf Holzmasten, so muß die Erdung am Nachbarmast erfolgen.

§ 19.

Vorübergehende Schutzerdungen an Freileitungen.

a) Bei der Ausführung von vorübergehenden Schutzerdungen ist VDE 0105/1936, § 6, zu beachten.

b) An der Arbeitsstelle sind die folgenden vorübergehenden Schutzmaßnahmen vorzusehen:

1. Bei Freileitungen mit Erdseil auf Holz- und Stahlmasten sind vorübergehende Schutzerdungen durch Anschluß an das Erdseil bzw. an die Stahlmaste herzustellen.
2. Bei Freileitungen ohne Erdseil sind zum Schutz gegen induzierte Spannungen die Leiterseile kurzzuschließen und zu erden. Als Erder genügt hier ein Stahlstab, -rohr oder dgl. von mindestens 1 m Länge oder ein Erdbohrer von mindestens 0,7 m Länge, die vollständig in das Erdreich einzutreiben sind.

c) Bei Freileitungen ohne Erdseil sind außerdem die vorübergehenden Schutzerdungen an beiden Enden des Leitungsabschnittes, an dem gearbeitet werden soll, herzustellen.

An den Stellen, die für eine Auftrennung der Leitung in Frage kommen (z. B. Abspannmaste mit lösbaren Brücken) sollen also Erdungen bestehen, die den Bestimmungen des § 17 a) entsprechen.

d) Bei Leitungen unter 30 kV Betriebsspannung, die zur Herstellung des spannungsfreien Zustandes an zwei (oder mehr) Stellen abgeschaltet werden müssen, genügt bei Durchführung nachstehender Schutzmaßnahmen die Erdung und Kurzschließung an einer Abschaltstelle. Die übrigen Abschaltstellen sind lediglich gegen unbefugtes Wiedereinschalten zu sichern. An der Arbeitsstelle ist die Erdung nach b) durchzuführen. Beim Auftrennen der Leitung an der Arbeitsstelle müssen die Leiter beiderseits der Arbeitsstelle kurzgeschlossen und geerdet werden. Geschieht die Erdung nicht durch Anschluß an das — nicht unterbrochene — Erdseil [siehe b) Ziffer 1], so sind beide Erdleitungen untereinander metallisch zu verbinden, sofern die aufgetrennten Leitungsenden von einer Person gleichzeitig berührt werden können. Die dazu benutzten Leitungen und Anschlußstellen müssen den Bestimmungen des § 11 entsprechen.

E. Schutzerdungen ortsveränderlicher Anlagen und Geräte.

§ 20.

Anlage und Bemessung der Schutzerdungen bei ortsveränderlichen Umspannstellen.

a) Die Schutzerdung ortsveränderlicher Anlagen muß den Bestimmungen der §§ 7 bis 10, 13 und 14 entsprechen.

b) Außer der Schutzerdung sollen Transformatorwagen (z. B. in landwirtschaftlichen Anlagen) eine Absperrung erhalten, die ein zufälliges Berühren von Teilen des Wagens, des Anschlußmastes und der Erdungsleitung verhindert.

c) Transformatorwagen im Anschluß an Freileitungen sind in ausreichender Entfernung, z. B. am nächsten Mast, zu erden. Die Erdungsleitung ist bis zum Erder frei von Erdberührung zu

Digitized by Google

verlegen. Wird die Erdungsleitung am Anschlußmast hochgeführt, so muß sie vom Gerüst des Trennschalters einen genügenden Abstand (mindestens etwa 10 cm) haben.

d) Für die Erdung des Trennschalters gelten im übrigen die Bestimmungen von § 17. Die Verwendung eines Isolierschemels am Transformatorwagen ist zweckmäßig.

§ 21.

Schaltzangen, Schaltstangen und Meßstangen.

Schaltzangen, Schaltstangen und Meßstangen dürfen nicht geerdet werden [VDE 0101/XII.37, § 11 l)].

F. Blitzschutzerdungen für elektrische Anlagen.

§ 22.

Allgemeines.

Für Blitzschutzerdungen können beim heutigen Stand der Erkenntnisse nur einige grundsätzliche Richtlinien gegeben werden.

Bei Blitzeinschlägen in geerdete Teile elektrischer Anlagen (Erdseile, Stahl- und Betonmaste von Freileitungen, Gerüste von Freiluftanlagen, Abspanngerüste von Innenraumanlagen) soll der Blitzstrom nach Erde abgeführt werden, ohne daß an dem Ausbreitungswiderstand des Erders dieser Anlageteile ein Spannungsabfall entsteht, der zu Stoßüberschlägen von dem geerdeten Teil nach den unter Spannung stehenden Leitern führt (rückwärtiger Überschlag).

Die Stoßspannung, auf die der geerdete Anlageteil beim Blitzstromdurchgang kommt, hängt ab

1. vom zeitlichen Verlauf des Blitzstromes (Steilheit des Anstieges und Gesamtdauer),
2. vom Scheitelwert des Blitzstromes,
3. von den Erdungsverhältnissen, d. h. von der Art des Erders und seinem Stoß-Ausbreitungswiderstand.

Der Stoß-Ausbreitungswiderstand eines Erders ist eine zeitlich veränderliche Größe und nicht gleich dem mit einer Meßbrücke meßbaren Ausbreitungswiderstand. Allgemein anwendbare Verfahren zur Messung des Stoß-Ausbreitungswiderstandes gibt es noch nicht.

Bei Erdern geringerer räumlicher Ausdehnung (das sind z. B. Mastfüße, Plattenerder, Staberder bis zu etwa 10 m Länge, Strahlenerder von nicht über 15 m Länge des Einzelstrahles) kann der Stoß-Ausbreitungswiderstand in grober Annäherung gleich dem mit der Brücke meßbaren Ausbreitungswiderstand gesetzt werden.

Bei allen Erdern, insbesondere bei solchen großer räumlicher Ausdehnung, kann der Stoß-Ausbreitungswiderstand zu Beginn des Stoßstromdurchganges erheblich größer als der mit üblichen Meßverfahren festgestellte Ausbreitungswiderstand sein.

§ 23.

Blitzschutzerdungen an Freileitungsmasten.

a) Wegen der wanderwellenförmigen Ausbreitung der Stoßströme bei Blitzeinschlägen ist bei Freileitungen mit Erdseil die Parallelschaltung der Ausbreitungswiderstände benachbarter Maste über die Erdseile in den entscheidenden ersten Mikrosekunden nach dem Blitzeinschlag noch nicht in vollem Maße wirksam. Es kommt also, genau wie bei Freileitungen ohne Erdseil, auf die Erdung des einzelnen Mastes an.

b) Aus Blitzstromstärke-Messungen an Freileitungen und aus Betriebserfahrungen hat sich ergeben, daß im allgemeinen rückwärtige Überschläge bei Anlagen mit Betriebsspannungen von 60 kV und darüber nicht zu erwarten sind, wenn bei jedem Stahl- und Betonmast und bei Holzmasten mit herabgeführter Erdungsleitung der Ausbreitungswiderstand der Masterdung folgender Näherungsformel entspricht:

$$R_A \leqq \frac{U_{St}}{I_{St}}.$$

Darin ist:

R_A = mit der Brücke meßbarer Ausbreitungswiderstand der Erdung des Einzelmastes in Ohm. Er muß bei Freileitungen mit Erdseil mit vom Mast isoliertem Erdseil gemessen werden.

U_{St} = 50%-Überschlag-Stoßspannung[2]) der Freileitungsisolation in kV.

I_{St} = Scheitelwert der Blitzstromstärke im Mast in kA.

Für I_{St} kann nach den Ergebnissen von Blitzstromstärke-Messungen ein Wert von 60 kA als nur selten überschrittener Höchstwert des Blitzstromes in einem Mast eingesetzt werden.

[2]) 50%-Überschlag-Stoßspannung ist gemäß VDE 0450/1939 diejenige Stoßspannung, bei deren wiederholter Anwendung etwa 50% aller Stöße zum Überschlag am Prüfling führen.

Wenn nicht anders angegeben, bezieht sich die 50%-Überschlag-Stoßspannung auf eine Prüfung mit einer Stoßwelle, deren Stirnzeit 1 µs und deren Rückenhalbwertzeit 50 µs beträgt (genormte VDE-Stoßspannung 1/50).

Bei Anlagen mit Betriebsspannungen bis etwa 45 kV ist die Herstellung ausreichend niedriger Blitzschutzerdung nach der obigen Näherungsformel vielfach praktisch nicht zu erreichen.

c) Bei der Herstellung der Masterdungen wird empfohlen, folgende Erfahrungsgrundsätze zu beachten:

1. Es ist besser, statt eines sehr tiefen Staberders mehrere weniger tiefe Staberder in der Umgebung des Mastes anzuordnen.
2. Bei gleichem Längenaufwand von Seil oder Band ist ein Mehrstrahlenerder besser als ein Ein- oder Zweistrahlenerder.

§ 24.

Erdung der Erdseile von Freileitungen.

a) Erdseile sind bei geeigneter Anordnung ein wirksamer Schutz gegen Blitzschläge in die Leiterseile. Diese Schutzwirkung ist aber nur bei ausreichender Blitzschutzerdung der Maste vorhanden (siehe § 23).

b) Bei Freileitungen mit Holzmasten sollen Erdseile möglichst in Abständen von etwa 100 bis 200 m geerdet werden.

c) Um die Stoßspannungsfestigkeit von Holzmasten als zusätzliche Isolation ausnutzen zu können, empfiehlt es sich, die Erdungsleitungen an den Masten so zu verlegen, daß zwischen den Isolatorenträgern und den geerdeten Teilen am Mast eine freie Holzstrecke von der Länge

$$L \geqq 1{,}5\, D$$

vorhanden ist. Darin ist D der Abstand zwischen der freigespannten Erdungsleitung und dem nächstliegenden Leiterseil.

d) An Holzmasten mit Masttrennschaltern sind Erdungsleitungen zu vermeiden.

§ 25.

Blitzschutzerdungen in Kraft- und Unterwerken.

a) Erdseile von Freileitungen sollen (möglichst über den Leiterseilen) bis zum Werk weitergeführt werden.

b) Für die Blitzschutzerdungen von Eisengerüsten in Freiluftanlagen gelten dieselben Bestimmungen wie für Stahl- und Betonmaste [siehe § 23 a) und b)].

G. Prüfung der Erdungsanlagen.

§ 26.

Messung von Ausbreitungswiderständen.

a) Ausbreitungswiderstände von Erdern können gemessen werden

1. mit Erdungs-Meßbrücken,
2. durch Strom- und Spannungsmessung. Hierbei wird zwischen dem zu messenden Erder und einem mindestens 40 m entfernten Hilfserder eine Wechselspannung U angelegt und der Strom I gemessen. In mindestens 20 m Abstand vom Erder wird eine Sonde eingetrieben und die Spannung U zwischen ihr und dem Erder gemessen. Der Ausbreitungswiderstand R_A ist dann

$$R_A\ (\Omega) = \frac{U\ (\mathrm{V})}{I\ (\mathrm{A})}.$$

Bei Erdern großer räumlicher Ausdehnung muß der Abstand der Spannungssonde mindestens das 5fache der größten Ausdehnung des zu messenden Erders betragen und der Hilfserder weitere 40 m entfernt sein.

b) Bei der Messung des Ausbreitungswiderstandes von Freileitungsmasten zur Prüfung der Blitzschutzerdung müssen die Erdseile während der Messung vom Mast für die Meßspannung isoliert sein.

c) Für eine zuverlässige Überwachung der Ausbreitungswiderstände der Maste empfiehlt es sich, folgende Widerstandswerte zu ermitteln:

1. Ausbreitungswiderstand des Mastfußes einschließlich der zusätzlichen Erder bei aufliegendem Erdseil.
2. Ausbreitungswiderstand des Mastfußes einschließlich der zusätzlichen Erder bei isoliertem Erdseil.
3. Ausbreitungswiderstand des Mastfußes allein bei isoliertem Erdseil.
4. Ausbreitungswiderstand der zusätzlichen Erder allein bei isoliertem Erdseil.

Der Widerstandswert 1 soll mit 40 m Hilfserder und 20 m Sondenabstand gemessen werden. Widerstandswert 2 dient, bei Beachtung der Angaben in § 21, zur Beurteilung der Blitzschutzerdung. Die Meßwerte 3 und 4 lassen den Zustand des Mastfußes als Erder und des zusätzlichen Erders erkennen. Sind die Werte 2 bis 4 einander gleich, so berühren sich beide Erder unter Erde.

Digitized by Google

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Die Grenzleistung von Generatoren zum Antrieb durch Wasserturbinen.

Von **Walter Putz** VDE, Berlin.

DK 621.313.322-82

Übersicht. Der Ausbau der Wasserkräfte im Großdeutschen Reich[1]) und in der ganzen Welt erfordert den Bau sehr großer Generatoren[2]), die häufig an die Grenze der Ausführbarkeit kommen. Die erzielbare Grenzleistung wird beeinflußt von den Anforderungen, die das Netz und die Turbine an den Generator stellen, wobei insbesondere Drehzahl und Durchgangsdrehzahl der Turbine von Bedeutung sind.

In den Veröffentlichungen über große langsamlaufende Generatoren wird häufig hervorgehoben, daß die Maschine infolge ihrer niedrigen Drehzahl sehr groß ist und daher eine besonders beachtliche Konstruktion darstellt. Hierdurch könnte der Eindruck entstehen, daß etwa eine Maschine für 50 000 kVA und 100 U/min weit mehr eine Grenzleistungsmaschine ist als eine Maschine gleicher Leistung für 500 U/min. Dies ist aber nicht der Fall. Natürlich sollen die Schwierigkeiten nicht unterschätzt werden, die sich bei der 100tourigen Maschine aus den großen Abmessungen ergeben. Diese sind aber stets zu beherrschen, wenn sie auch unter Umständen ein Abgehen von gewohnten Bauformen, besonders hinsichtlich des Aufbaues des Läufers und des Gehäuses, bedingen. Grundsätzlich jedoch bestehen Grenzen für die Leistung nur in der Beherrschung der Fliehkraft, und von diesem Gesichtspunkt aus gesehen ist die Maschine für 500 U/min weit eher eine Grenzleistungsmaschine als die langsamer laufende Maschine. Es erscheint daher wichtig, einmal zu untersuchen, wo die Leistungsgrenze bei den verschiedenen Drehzahlen heute etwa liegt.

Für die Beantwortung dieser Frage müssen wir uns zunächst einmal darüber klar werden, welche Anforderungen an den Generator gestellt werden. Dieser empfängt seine Energie von der Turbine und gibt sie an das elektrische Energienetz weiter. Beide, Turbine und Netz, werden an den Generator ihre Forderungen stellen.

Das Netz schreibt dem Generator zunächst die Frequenz und den Leistungsfaktor vor. Wir wollen unsere Betrachtungen auf den wichtigsten Fall der Frequenz 50 Hz beschränken. Den Leistungsfaktor berücksichtigen wir, indem wir die Grenzleistung nicht in kW, sondern in kVA angeben. Den indirekten Einfluß des Leistungsfaktors, der eine Maschine gleicher kVA-Leistung für $\cos\varphi = 0{,}7$ etwas größer werden läßt als für $\cos\varphi = 0{,}8$, wollen wir im Rahmen unserer naturgemäß überschläglichen Betrachtung vernachlässigen. Die Spannung wird durch das Netz nicht vorgeschrieben, da Grenzleistungsmaschinen wohl stets über Transformatoren auf das Netz arbeiten werden, also für die günstigste Maschinenspannung bemessen werden können. Einen großen Einfluß auf die Maschinengröße kann allerdings das Netz gewinnen, wenn die von der Maschine gelieferte elektrische Arbeit über lange Leitungen fortgeleitet werden muß oder Parallellauf mit fernen Kraftwerken in Frage kommt. Dann treten von seiten des Netzes die Forderungen nach einer bestimmten Ladeleistung und nach einem bestimmten Stoßkurzschlußverhältnis an die Maschine heran.

Die auf den Polen des Generators erforderliche Erregung setzt sich bei normaler Belastung durch Wirklast und induktive Last aus der zur Erzielung der Spannung erforderlichen Leerlauferregung und der zum Ausgleich der Last erforderlichen Erregung zusammen. Die Erregung steigt mit zunehmender Belastung von Leerlauf bis Vollast etwa im Verhältnis 1 : 2 bis 1 : 3 an. Grundsätzlich anders werden die Verhältnisse, wenn die Maschine kapazitiv, etwa durch den Ladestrom von Hochspannungsleitungen, belastet wird. Die hierbei im Ständer fließenden Ströme wirken magnetisierend auf die Maschine, so daß die Erregung auf den Polen unter die Leerlauferregung herabgeregelt werden muß. Diese Ladeleistungen sind bei Hochspannungsleitungen sehr groß. Bei einer Energieübertragung auf 400 km Entfernung wird man mit der Spannung der Freileitung auf etwa 200 kV gehen. Die Leitung besitzt dann etwa einen Ladestrom von 150 A, was einer Leistung von rd. 50 000 kVA entspricht. Stellt man nun die Forderung, daß e i n e Maschine die Leitung auf Spannung bringen soll, so wird diese, ehe noch die Leitung überhaupt belastet wird, bereits 50 000 kVA Ladeleistung hergeben müssen. Die Erregung auf den Polen der Maschine wird also sehr klein werden. Man wird aber fordern müssen, daß mindestens noch ein Rest der Leerlauferregung vorhanden ist, weil sich sonst die Spannung der Leitung mit der Maschine gar nicht einstellen ließe. Das System Maschine–Leitung würde auf Selbsterregung gehen und hohe Überspannungen annehmen.

Für die Bemessung der Maschine bedeutet dies, daß sie mit hoher Leerlauferregung ausgeführt wird, was etwa durch großen Luftspalt erzielt werden kann. Dann wird aber auch die Erregung bei der normalen induktiven Vollast sehr hoch werden, wodurch der Läufer unter Umständen zu warm werden kann. Die Forderung nach hoher Ladeleistung wird also häufig eine Vergrößerung über das für Dauerbetrieb erforderliche Maß bedingen. In gleicher Richtung wirken Forderungen nach großen Stoßkurzschlußverhältnissen, wie sie mit Rücksicht auf die Stabilität in Störungsfällen zuweilen gestellt werden müssen. Es ist bekannt, daß die großen Generatoren für das Boulder-Dam-Kraftwerk mit Rücksicht auf das Netz stark, um etwa die Hälfte, überdimensioniert sind. Für die Berechnung der Grenzleistungen wollen wir jedoch annehmen, daß das Netz keine besonderen Anforderungen an die Maschine stellt, man wird daher bei den unten angegebenen Zahlen für die Grenzleistungen stets beachten müssen, daß diese unter Umständen mit Rücksicht auf das Netz wesentlich herabzusetzen sind.

So einfach können wir allerdings die Forderungen der Turbine nicht übergehen. Diese gibt uns neben der Leistung die Drehzahl und damit die Polzahl des Generators an. Den Zusammenhang zwischen Grenzleistung und Drehzahl bzw. Polzahl wollen wir, wie oben gesagt, untersuchen. Ferner besteht eine Reihe konstruktiver Forderungen, die die Frage der Grenzleistung nicht berührt, wie waagerechte oder senkrechte Welle, Lager-

---

1) K. Krauss, ETZ 60 (1939) S. 609.

2) Über große Wasserkraftgeneratoren und ihre Bauweise siehe etwa K. Bobek, ETZ 58 (1937) S. 503 und Z. VDI 81 (1937) S. 844, W. Putz, Z. VDI 82 (1938) S. 985, H. Winkelsträter, ETZ 59 (1938) S. 789, K. Rissmüller, Z. VDI 80 (1936) S. 1557 und ETZ 58 (1937) S. 265, E. Wiedemann, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 65, K. Bobek, VDE-Fachber. 11 (1939) (noch im Druck), T. Strömberg, ASEA-J. Oktober (1937) S. 142.

Digitized by Google

druck, Kupplungsfragen, die Forderung nach einem Mindestschwungmoment u. a. m. Von überragender Bedeutung für die Grenzleistung ist aber die Durchgangsdrehzahl der Turbine, für die der Läufer des Generators mechanisch gebaut werden muß. Das Verhältnis $\ddot{u}$ gleich Schleuderdrehzahl zu Nenndrehzahl des Generators ist für Francis- und Freistrahlturbinenantrieb etwa 1,8 bis 2,3, für Kaplanturbinenantrieb 2,4 und höher. Für die beiden Werte $\ddot{u} = 1{,}8$ und $\ddot{u} = 2{,}5$ wollen wir die Grenzleistung in Abhängigkeit von der Polzahl zahlenmäßig ermitteln. Damit gewinnen wir zwei Grenzleistungskurven, die den großen Einfluß der Schleuderdrehzahl klar erkennen lassen, und von denen die eine etwa für Francis- und Freistrahlturbinenantrieb, die andere etwa für Kaplanturbinen gültig ist.

Die nun folgende Berechnung erhebt keinen Anspruch, genaue Werte für die Grenzleistungen zu geben. Sie geht naturgemäß von gegebenen Grenzbeanspruchungen aus, die in manchen Fällen überschritten, zuweilen nicht erreicht werden können. Man wird also gut tun, sich um die Grenzleistungskurven herum einen Bereich zu denken, wo die Ausführbarkeit fraglich ist. Die angegebenen Kurven werden daher mehr für den Verlauf als für die Höhe der Grenzleistungskurven kennzeichnend sein.

Die Leistungsfähigkeit einer Maschine bestimmt sich, wie N ü r n b e r g[3]) an dieser Stelle gezeigt hat, aus der Essonschen Leistungsgleichung

$$N = C\,D^2\,l\,n\,. \tag{1}$$

- N Leistung in kVA,
- n Drehzahl in U/min,
- D Bohrung des Ständers in m; sie ist durch die Fliehkräfte, u. U. durch Transportrücksichten beschränkt,
- l ist die Eisenpaketbreite einschließlich Lüftungsschlitzen in m.

Es hat sich gezeigt, daß große Maschinen mit 2 m Eisenbreite noch gut ventilieren. Für Grenzleistungsbetrachtungen setzen wir daher $l = 2{,}5$ m.

C Essonsche Leistungszahl in $\frac{\text{kVA min}}{\text{m}^3}$, sie ist ein Maß für die elektrische Ausnützbarkeit des Werkstoffs bei gegebenem Raum. Für die Grenzleistungsbetrachtung wollen wir den Wert recht hoch, zu

$$C = 6\,\frac{\text{kVA min}}{\text{m}^3}$$

annehmen.

Für die folgenden Betrachtungen benötigen wir zunächst noch die folgenden Größen und Beziehungen: $r = D/2$ Halbmesser der Bohrung, $2\,p$ Polzahl, f Frequenz in Hz, sie sei stets zu $f = 50$ Hz angenommen. v Umfangsgeschwindigkeit bei Nenndrehzahl in m s^{-1}, v_s Umfangsgeschwindigkeit bei Schleuderdrehzahl in m s^{-1}, $\ddot{u}$ Verhältnis Schleuderdrehzahl zu Nenndrehzahl,

$$\ddot{u} = \frac{v_s}{v}\,. \tag{2}$$

Es ist

$$f = \frac{p\,n}{60}\,. \tag{3}$$

Mit Hilfe der einfachen Beziehung

$$v = \frac{D\,\pi\,n}{60} \tag{4}$$

können wir in Gl. (1) den Durchmesser D durch die Umfangsgeschwindigkeit v ersetzen und erhalten

$$N = C\,\frac{60^2}{\pi^2}\,v^2\,l\,\frac{1}{n} \tag{5}$$

und mit $n = \frac{60\,f}{p}$ erhalten wir die Leistung je Pol

$$\frac{N}{2\,p} = C\,\frac{30}{\pi^2}\,\frac{1}{f}\,l\,v^2 \tag{6}$$

oder eingesetzt

$$\frac{N}{2\,p} = 6\cdot\frac{30}{\pi^2}\cdot\frac{1}{50}\,2{,}5\cdot v^2$$

$$\frac{N}{2\,p} = 0{,}91\,v^2\,. \tag{7}$$

Die je Pol erzielbare Leistung ist also quadratisch abhängig von der konstruktiv beherrschbaren Umfangsgeschwindigkeit. Wir haben somit die Frage der Grenzleistung zurückgeführt auf die Frage nach der zulässigen Umfangsgeschwindigkeit bei Nenndrehzahl.

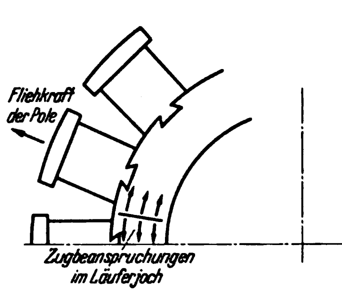


Abb. 1. Beanspruchung des Läufers durch die Fliehkräfte.

Diese Umfangsgeschwindigkeit v oder genauer die Umfangsgeschwindigkeit bei Schleuderdrehzahl $v_s = \ddot{u}\,v$ ist durch die mechanischen Fliehkräfte begrenzt, Abb. 1. Diese beanspruchen einmal die Haltekonstruktion der Pole, bei Maschinen mit hohen Beanspruchungen als Hammerköpfe oder Schwalbenschwänze ausgeführt, zum anderen das Läuferjoch auf Zerreißen. Da mit größer werdender Polteilung das Gewicht des Poles, gleichzeitig aber auch der für die Hammerköpfe zur Verfügung stehende Raum wächst, ist hinsichtlich der Haltekonstruktion die spezifische Fliehkraft $F = \frac{1}{g}\,\frac{v_s^2}{r}$ in kg Fliehkraft je kg Gewicht im wesentlichen maßgebend. Man wird also für jede Läuferbauart etwa angeben können, bis zu welcher spezifischen Fliehkraft F diese Bauweise noch anwendbar ist. Anders steht es mit der Tangentialbeanspruchung des Ringes. Diese wird hervorgerufen durch die Fliehkraftbelastung durch die Pole und durch die Eigenfliehkraft des mit v_s umlaufenden Ringes. Letztere berechnet sich zu $p_t = \frac{\gamma}{g}\,v_s^2$. Man ist also auch durch Verstärkung des Ringes nicht in der Lage, unter diesen Wert herabzukommen. Da sie nur von der Umfangsgeschwindigkeit bei Schleuderdrehzahl v_s abhängig ist, wird man für jede Läuferbauart eine höchste Geschwindigkeit v_s angeben können.

Wir werden in unseren Grenzleistungsbetrachtungen für jede Läuferbauart zwei Geschwindigkeitsbereiche erwarten können.

B e r e i c h A : Es ist die Polbefestigung und damit die spezifische Fliehkraft F maßgebend. Die Berechnung für die Leistungsgrenze ergibt

$$F = \frac{1}{9{,}81}\,\frac{v_s^2}{r}\,. \tag{8}$$

Durch Einführen von

$$v_s = \ddot{u}\,v = \ddot{u}\,2\,\pi\,r\,\frac{n}{60} = \ddot{u}\,2\,\pi\,r\,\frac{f}{p} \tag{9}$$

wird für $f = 50$ Hz

$$F = 64\,\ddot{u}^2\,\frac{v}{2\,p}$$

und

$$v = \frac{\frac{F}{100}\,2\,p}{0{,}64\,\ddot{u}^2} \tag{10}$$

und

$$v_s = \frac{\frac{F}{100}\,2\,p}{0{,}64\,\ddot{u}}\,. \tag{11}$$

[3]) W. N ü r n b e r g , ETZ 60 (1939) H. 8, S. 233.

Digitized by Google

Aus Gl. (10) und (7) erhalten wir

$$\frac{N}{2p} = 2{,}22 \frac{\frac{(F)^2}{(100)^2} \cdot (2p)^2}{\ddot{u}^4}. \quad (12)$$

In dieser Gleichung kommt der große Einfluß der Schleuderdrehzahl auf die Grenzleistung zum Ausdruck. Der Wert $\ddot{u}$ beeinflußt die Grenzleistung mit der vierten Potenz.

Bereich B: Mit Rücksicht auf die Beanspruchung des Jochringes darf die Umfangsgeschwindigkeit v_s den Wert $v_{s\,max}$ nicht überschreiten.

$$v_s = \ddot{u}\, v = v_{s\,max} \quad (13)$$

$$\frac{N}{2p} = 0{,}91\, v^2 = 0{,}91 \frac{v_{s\,max}^2}{\ddot{u}^2}. \quad (14)$$

In diesem Bereich beeinflußt der Wert $\ddot{u}$ die Grenzleistung mit der zweiten Potenz.

Um nun festzustellen, in welchem Bereich wir bei einer gewählten Läuferbauart bei den einzelnen Polzahlen sind, werden wir nach Gl. (11) v_s auftragen und sehen, ob dieser Wert oberhalb oder unterhalb von $v_{s\,max}$ liegt.

Die Bauformen der Läufer für Grenzleistungsmaschinen.

1. Stahlringbauart. Für hohe Drehzahlen, also kleine Durchmesser, wird man, da jede Teilung den Läufer schwächt, einteilige Läuferjoche wählen. Die höchsten Beanspruchungen erlaubt die Stahlringbauart, bei der das Läuferjoch aus geschmiedeten, einteiligen Stahlringen besteht, in denen die Pole mittels Hammerköpfen oder Schwalbenschwänzen gehalten werden. Die spezifische Fliehkraft kann bis $F = 1500$ kg/kg gewählt werden, die höchste Umfangsgeschwindigkeit etwa $v_{s\,max} = 150$ m/s. Der Durchmesser dieser Ringe ist mit Rücksicht auf das Profil der Reichsbahn auf etwa 4,2 m begrenzt. Rechnet man für Pole und Luftspalt einseitig 350 mm, so darf der Bohrungsdurchmesser bei dieser Bauart 4,9 m nicht überschreiten.

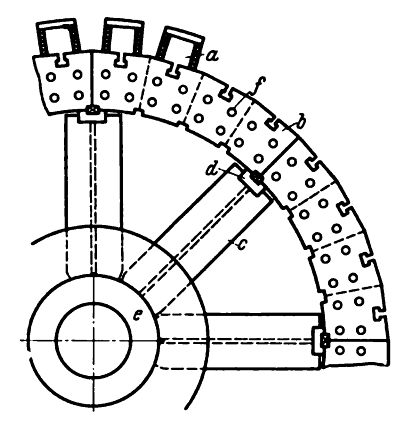
2. Profilgrenze. Ehe man bei höheren Polzahlen zu der schwächeren mehrteiligen Läuferbauart übergeht, wird man obige Bauart mit dem Grenzdurchmesser 4,9 m beibehalten. Diese Läuferbauart ist dann mechanisch nicht ausgenutzt. Sie kommt daher nur bei den Polzahlen in Frage, bei denen die schwächere mehrteilige Bauart den Durchmesser 4,9 m mechanisch nicht verträgt. Folgende Formeln sind leicht nachzurechnen:

$$v_s = \frac{1540}{2p}\, \ddot{u} \quad (15)$$

$$\frac{N}{2p} = \frac{217\,000}{(2p)^2}. \quad (16)$$

Die Gleichung (16) zeigt, daß wir an der Profilgrenze ein Abfallen der Grenzleistung mit der Polzahl erwarten müssen.

3. Blechkette. Diese stellt die höchst beanspruchbare mehrteilige Läuferbauart dar. Das Läuferjoch ist aus einige Millimeter starken Blechen geschichtet. Die Pole werden durch Hammerköpfe oder Schwalbenschwänze gehalten. Diese Blechkette wird am Montageort um einen Speichenkörper herum geschichtet und erhält ihre Vorspannung durch Verkeilen gegen diesen (Abb. 2). Wird der Durchmesser des Rades so groß, daß auch der Speichenkörper nicht mehr im Werk gedreht werden kann, so kann man diesen, wie im Stahlbau üblich, aus Trägern zusammenbauen, deren Paßflächen gegen die Blechkette vorher bearbeitet sind. Die Maßhaltigkeit wird dadurch erreicht, daß vor dem Festschweißen dieser Paßflächen behelfsmäßig einige geschlossene Ringe der Blechkette um den Speichenkörper geschichtet werden, die den Paßflächen die richtige Lage geben. Man ist somit unabhängig von Beschränkungen des Durchmessers durch Transport- und Bearbeitungsrücksichten. Das gleiche gilt für die Gehäuse, in denen die Schwalbenschwanzleisten für die Aufhängung der Bleche genau maßhaltig sein müssen. Diese können bei großen Durchmessern in ähnlicher Weise auch in die nicht ausgedrehten Gehäuse genau eingeschweißt werden[4]).



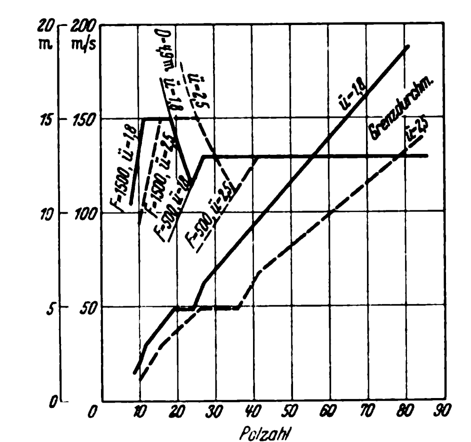
a Pole mit Erregerwicklung
b Blechkette
c Armstern
d Keile
e Nabe
f Bolzen zum Pressen der Blechkette

Abb. 2. Läufer eines Generators, das Joch zusammengesetzt aus einzelnen Segmentplatten (sogen. Blechkette).

Höhere mechanische Beanspruchungen als die Stahlringbauform läßt die sogenannte Kammkonstruktion zu. Diese kommt bei sehr schnellaufenden Maschinen, 4-, 6- oder 8polig, in Frage. Von der Behandlung dieser Maschinen wollen wir aber absehen, da hier die Frage der kritischen Drehzahl von Fall zu Fall eine genaue konstruktive Durcharbeit erfordert. Die sehr oft angewandte Bauform mit geteilten Stahlgußrädern erlaubt keine höheren Beanspruchungen als die Blechkette. Sofern wir uns also auf Maschinen von acht und mehr Polen beschränken, genügt es, die Grenzen der Bauform Stahlringe und Blechkette zu untersuchen, wobei die Transportgrenze zu berücksichtigen ist.

Die erzielbaren Grenzleistungen.

Die erzielbaren Grenzgeschwindigkeiten bei Schleuderdrehzahl sind in Abb. 3 dargestellt. Die stark ausgezogene



ü Schleuderdrehzahl zu Nenndrehzahl
F spezifische Fliehkraft in kg/kg
D Bohrungsdurchmesser

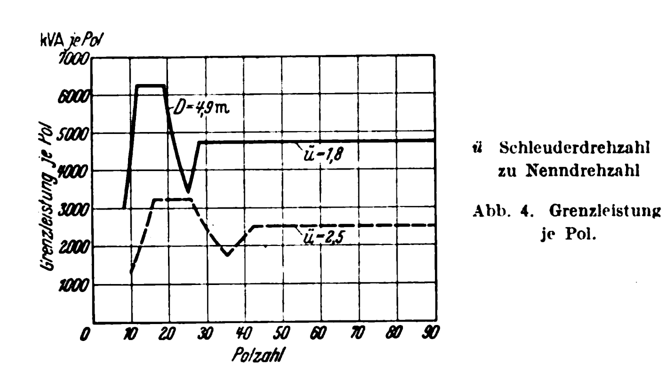
Abb. 3. Grenzgeschwindigkeit bei Schleuderdrehzahl und höchstzulässige Gehäusebohrung.

Kurve gilt für $\ddot{u} = 1{,}8$, also Francis- und Freistrahlturbinen, die gestrichelte für $\ddot{u} = 2{,}5$, also Kaplanturbinen

[4]) K. Bätz, ETZ 60 (1939) S. 177.

Digitized by Google

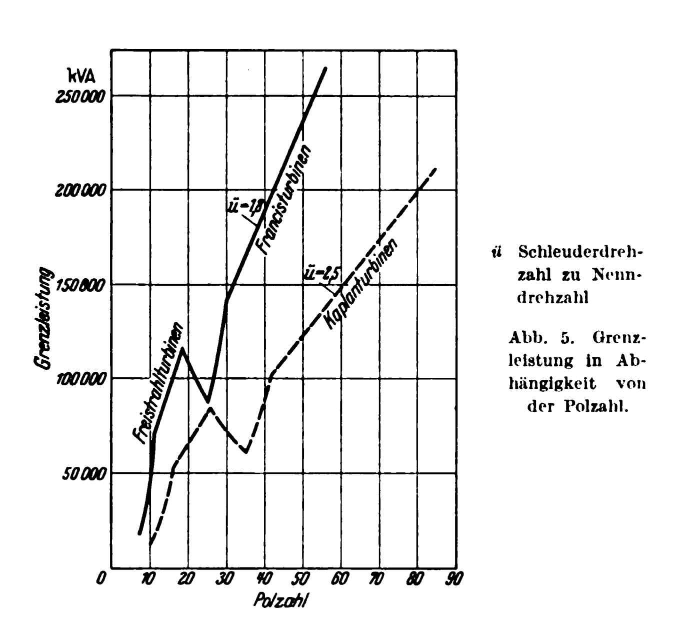
antrieb. Die Kurve für $ü = 1,8$ beginnt bei acht Polen mit $v_s = 105$ m/s und steigt zunächst auf 150 m/s an. Es liegt die hochbeanspruchbare Stahlringbauweise vor, maßgeblich ist die Haltekonstruktion der Pole (Bereich A, $F = 1500$ kg/kg). Die Geschwindigkeit von 150 m/s kann mit Rücksicht auf das Läuferjoch nicht überschritten werden (Bereich B, $v_{s\,max} = 150$ m/s), sie ist also zwischen 12 und 18 Polen konstant. Wie die miteingezeichnete



ü Schleuderdrehzahl zu Nenndrehzahl

Abb. 4. Grenzleistung je Pol.

Kurve für den Grenzdurchmesser zeigt, ist dieser bei etwa 18 Polen 4,9 m, erreicht also die Profilgrenze. Wir behalten die Stahlringbauweise mit 4,9 m Dmr. zunächst bei, sie ist von 20 Polen ab aus Transportrücksichten nicht voll ausgenutzt. Die Geschwindigkeitskurve fällt daher zwischen 18 und 24 Polen wieder ab. Bei höheren Pol-



ü Schleuderdrehzahl zu Nenndrehzahl

Abb. 5. Grenzleistung in Abhängigkeit von der Polzahl.

zahlen erlaubt dann die Blechkette infolge der sinkenden Drehzahl Durchmesser über 4,9 m. Bei 24 Polen erfolgt demnach der Übergang auf die Blechkette, wobei zunächst die spezifische Fliehkraft $F = 500$ bis etwa 26 Polen die Grenze angibt. Die Kurve steigt daher zunächst wieder an. Bei 28 Polen ist jedoch die Höchstgeschwindigkeit von 130 m/s erreicht, die auch bei höheren Polzahlen nicht mehr überschritten werden kann. Die gestrichelte Kurve für Kaplanturbinenantrieb ($ü = 2,5$) ist nach obigen Ausführungen ohne weitere Erläuterung verständlich.

Aus diesen Kurven für die Grenzgeschwindigkeit bei Schleuderdrehzahl kann mit den Gl. (2) und (7) die Grenzleistung je Pol berechnet werden (s. Abb. 4). Hier kommt der große Einfluß der Schleuderdrehzahl gut zum Ausdruck. Die mit der Stahlringbauweise im günstigsten Fall erreichbare Leistung je Pol liegt bei etwa 18 Polen. Sie geht durch die erhöhte Schleuderdrehzahl von 6250 kVA je Pol für $ü = 1,8$ auf 3250 kVA je Pol für $ü = 2,5$, also fast auf die Hälfte, zurück. Die entsprechenden Werte sind bei Blechkettenbauweise 4750 und 2500 kVA/Pol. Besonders stark ist der Unterschied bei 36 Polen, wo das Verhältnis 4750 zu 1800 kVA je Pol, also 2,65 : 1, beträgt. Sehr gut kommt auch der Einfluß der Transportgrenze zum Ausdruck, der die erzielbare Leistung bei $ü = 1,8$ von 6250 kVA je Pol bei 18 Polen auf 3500 kVA je Pol bei 26 Polen zurücksetzt.

Durch Multiplikation mit der Polzahl erhält man aus den Leistungen je Pol die Grenzleistung der Maschine (s. Abb. 5). Die durch die Transportgrenze bedingte Senke in der Leistungskurve kommt stark zum Ausdruck. Zum Verständnis dieser Senke muß man sich vor Augen halten, daß ($ü = 1,8$ als Beispiel genommen) die Grenzleistungsmaschinen zwischen 18 und 24 Polen alle 4,9 m Bohrung und 2,5 m Eisenbreite, also konstantes Drehmoment, und infolge der sinkenden Drehzahl sinkende Leistung haben. Sehr gut kommt auch der Einfluß der Schleuderdrehzahl zum Ausdruck.

Generator und Wasserturbine.

Die größten in Bau befindlichen Generatoren haben eine Leistung von rd. 100 000 kVA. Es handelt sich hier um langsamlaufende Einheiten. Die Kurve für $ü = 1,8$ zeigt, daß diese Leistungen bis zu 28 Polen, also 214 U/min, beherrschbar sind, sieht man von der Senke bei 24 Polen ab, sogar bis 16 Polen, also 375 U/min. Die Ansprüche, die die Francisturbine stellt, werden also vom Generatorbau im allgemeinen hinsichtlich der Leistung erfüllbar sein. Bei höheren Drehzahlen wird die Turbine meist eine Freistrahlturbine sein, u. U. mit mehreren Laufrädern auf einer Welle. Hier wird die Grenze für die Leistung des Maschinensatzes, besonders bei 10 und 12 Polen, häufig beim Generator liegen. Die Kurve für $ü = 2,5$ erscheint zunächst für Kaplanturbinen ein sehr viel ungünstigeres Bild zu geben. Kaplanturbinen kommen jedoch nur für große Wassermengen und niedrige Gefälle, also niedrige Drehzahlen, in Frage, so daß die Leistungen meist beherrschbar sein werden. Für kleinere Leistungen wird häufig eine Ausführung mit Getriebe zwischen Turbine und Generator gewählt. Die Drehzahl ist damit freigestellt, so daß immer eine Polzahl gewählt werden kann, bei der die Leistung zu beherrschen ist.

Zusammenfassung.

Die erzielbare Grenzleistung je Pol ist quadratisch von der mechanisch beherrschbaren Umfangsgeschwindigkeit abhängig. Die Grenzleistung wird daher stark von dem Verhältnis $ü$ gleich Schleuderdrehzahl zu Nenndrehzahl beeinflußt. Bei kleinen Polzahlen ergibt ein Läuferjoch aus einteiligen Stahlringen die höchsten Leistungen je Pol. Diese Bauweise kann aus Transportrücksichten bei großen Polzahlen nicht beibehalten werden. Hier gestattet die Blechkette die höchsten Leistungen. Im Grenzgebiet beider Bauweisen ergibt die Transportbeschränkung ein starkes Abfallen der Grenzleistung mit der Polzahl.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

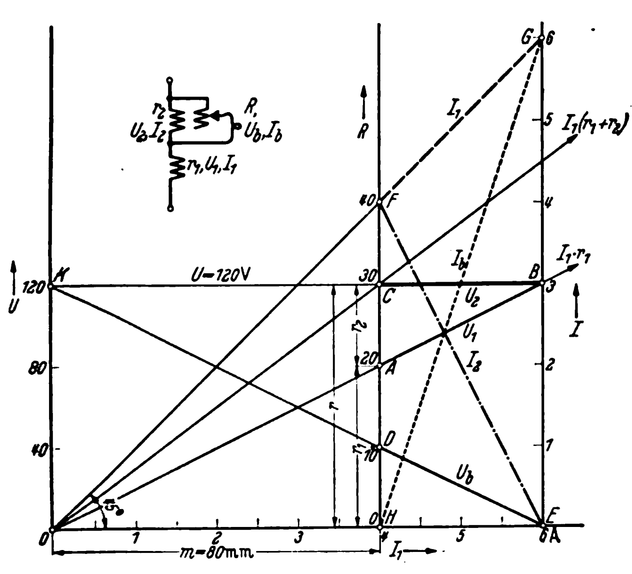
Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.727.012.3

Der ohmsche Widerstand als Spannungsteiler. [Nach E. Winkel, Z. Fernmeldetechn. 20 (1939) S. 1; 9½ S., 16 Abb.]

Der Verfasser will auf die praktische Verwendungsmöglichkeit einfacher geometrischer Beziehungen zur Herstellung von Funktionsbildern hinweisen, und zwar werden drei besondere zeichnerische Verfahren ausgewählt: Die Funktionsbeziehung $y = f(x) \cdot x$ oder, wie Winkel es nennt, das „Funktionsprodukt", dann die Beziehung $y = f(x) : x$, welche als „Funktionsquotient" bezeichnet wird und schließlich ein etwas abgeändertes schon bekanntes Verfahren zur Ermittlung von Parallelwiderständen, die sich zur Lösung von allgemeinen Widerstandsgruppen eignet.

Mit diesen drei theoretischen Werkzeugen werden nun verschiedene Zusammenhänge am Spannungsteiler untersucht. Als erstes wird das als „Grunddiagramm" bezeichnete Bild entworfen, das in wenigen Strichen die Verhältnisse zwischen sämtlichen Strömen und Spannungen am Spannungsteiler aufzeigt, und zwar unter der Annahme, daß eine bestimmte, aber beliebige Widerstandsteilung vorliegt und die Belastung an der Abnahmestelle wechselt. Diese Belastung erscheint im Diagramm als Stromstärke (Abb. 1). Im weiteren Verlauf der Arbeit

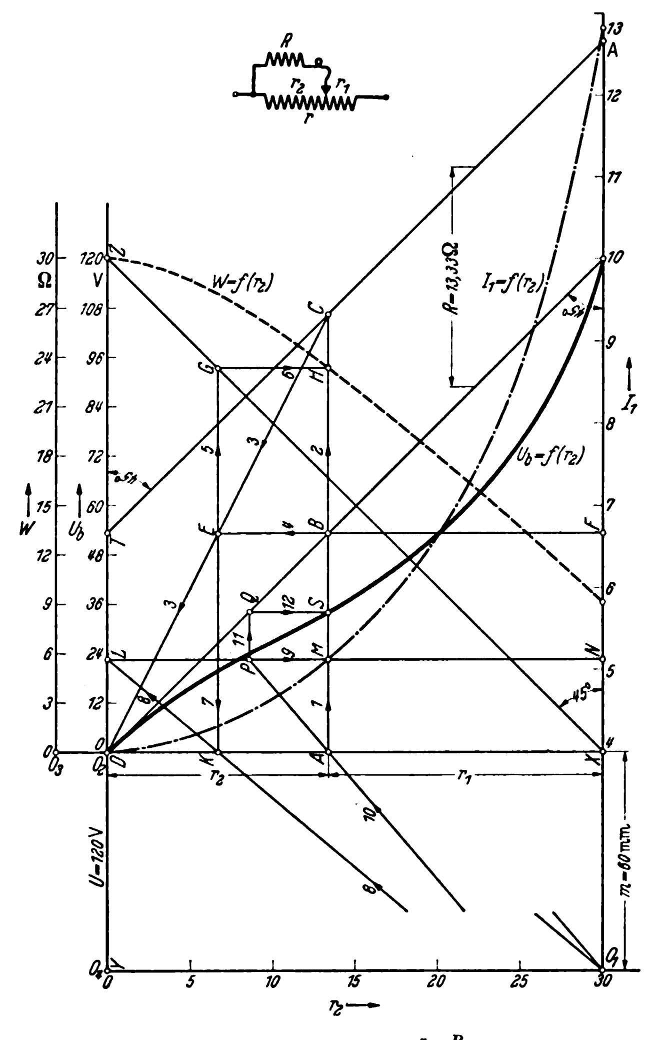


Ermittlung des Spannungsabfalles an r_1, Linie A–B; der Abnahmespannung U_b, Linie D–E; des Stromes in r_2, I_2, Linie F–E; des Belastungsstromes I_b, Linie H–G; alle in Abhängigkeit von I_1

Abb. 1. Das Grunddiagramm des Spannungsteilers. Zusammenhang der Ströme und Spannungen bei konstanter Gesamtspannung und unveränderlicher Widerstandsteilung, aber veränderlicher Widerstandsbelastung.

werden unter Anwendung der schon erwähnten Hilfsmittel die Widerstandsverhältnisse am Spannungsteiler graphisch für den Fall ermittelt, daß der Belastungswiderstand konstant bleibt, dafür aber die Teilung als Veränderliche angenommen wird. Das folgende ähnlich entworfene Bild gibt die Widerstandsverhältnisse bei veränderlichen Belastungsverhältnissen aber fester Widerstandsteilung wieder, wobei dieses Diagramm leicht mit dem Grunddiagramm kombiniert werden kann, so daß neben den Widerstandsverhältnissen auch die Ströme und Spannungen auftreten.

Von besonderer Bedeutung erscheint das „Betriebs- oder Regeldiagramm" des Spannungsteilers, das den Einfluß der Teilungslage auf die Abnahmespannung bei unveränderlicher Widerstandsbelastung darstellt (Abb. 2). Man ersieht nämlich daraus die „Regelfähigkeit" des Spannungsteilers, weil die Regelung ungefähr in der Mitte am feinsten, dagegen an den Rändern am gröbsten wird und vor allem in der Nähe der Gesamtspannung Vorsicht heischt, weil gegen dieses Ende des Spannungsteilers die Spannungslinie sehr steil verläuft. Die einzelnen aufgezählten Diagramme werden bezüglich ihrer Herstellung ausführlich besprochen, so daß der Leser nicht nur fertige Diagramme vorgesetzt erhält, sondern punktweise mit ihrem Entstehen vertraut gemacht wird. Schließlich deutet der



r_1, r_2	Werte der Widerstandsteile am Spannungsteiler	$r' = \frac{r_2 \cdot R}{r_2 + R}$	Parallelschaltwert von r_2 und R
R	Widerstandsbelastung am Spannungsabgriff	$W = r' + r_1$	Gesamtwiderstandswert des belasteten Spannungsteilers

Wahl eines Teilungsverhältnisses: Punkt A. Ermittlung von r', Linien (1–2–3–4) Punkt E. Ermittlung von W als Funktion von r_2, Linien (5–6), Punkt H. Ermittlung von I_1, Linien (7–8), Punkt L; Zuordnen von I_1 zu r_2, Linie (9), Punkt M; Ermittlung von U_b, Linie (10), Punkt P. Zuordnen zu r_2 Linien (11–12), Punkt S.

Abb. 2. Das Betriebsdiagramm des Spannungsteilers. Der Einfluß der Teilung auf die Abnahmespannung. Gesamtspannung U und Belastungswiderstand R konstant, Teilung veränderlich.

Verfasser noch an, wie die von ihm als Funktionsprodukt und Funktionsquotienten bezeichneten Beziehungen auch die Leistungsverhältnisse aufdecken können, ja sogar zur Ermittlung einer Wirkungsgradlinie herangezogen werden.

Mit den eingangs erwähnten überaus einfachen mathematischen Hilfsmitteln werden daher aus dem unscheinbaren Spannungsteiler eine Reihe sehr aufschlußreicher Funktionsbilder und Zusammenhänge gewonnen, die den Leser anreizen sollen, ähnliche Probleme auf ähnliche Weise zu behandeln. Es

Digitized by Google

soll auf die Ergiebigkeit von geometrischen Beziehungen hingewiesen werden, die in der Schule z. B. als vorbereitender Stoff gehandhabt werden und doch unausgebeutet liegen bleiben. Zum anderen geben die gezeigten und ähnliche Verfahren das Mittel in die Hand, Funktionsbilder höheren Grades zu zeichnen, ohne daß der höhere Grad überhaupt zur Geltung kommt.

Die im Eingange der Arbeit abgeleiteten Formeln der zu gewinnenden Beziehungen werden bezeichnenderweise bei der Herstellung der Diagramme gar nicht mehr benötigt. *eb.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.626.004.67

Wiederinstandsetzen von Hochspannungsdurchführungen im eigenen Betriebe. [Nach G. F. Stratton, Electr. Wld., N. Y. 110 (1938) S. 1819; 3 S., 7 Abb.]

Der Verfasser empfiehlt die Wiederinstandsetzung beschädigter Durchführungsisolatoren im eigenen Betriebe. Etwa 95% von rd. 1200 aller eingegangenen Gerätedurchführungen ließen sich zu einem Drittel der Neuanschaffungskosten wieder brauchbar machen. Hierbei handelte es sich sowohl um Kondensatordurchführungen als um solche mit Öl- oder Massefüllung. Die am häufigsten beobachteten Schäden bestehen in der Verletzung des Porzellanüberwurfes, Undichtwerden der Verbindungsstellen, porösen Gußkappen, Kriechpfadbildung bei Hartpapierdurchführungen, elektrischen Innendurchschlägen, schlechtem Stromübergang zwischen Kappen und Bolzen, Einziehen von Öl in die Massefüllung und Schadhaftwerden der Kittstellen. Zunächst prüft der Verfasser die Stromaufnahme der Durchführung im Anlieferungszustand bei Anlegen an eine Wechselspannung von 33 kV. Ströme oberhalb einer bestimmten Grenze deuten auf Störungen im Innern hin. Kondensatordurchführungen werden dann erwärmt, die Vergußmasse abgelassen und der Porzellanüberwurf entfernt, der Wickel von Masse gesäubert, oberflächlich auf der Drehbank abgedreht, von verkohlten Stellen befreit und die einzelnen Metallbeläge gegeneinander mit entsprechender Teilspannung mit Prüfspitzen abgetastet. Gegebenenfalls werden schadhafte Stellen durch Kurzschließen zweier Beläge mittels dünner Kupferbandschellen überbrückt. Wickel mit zu hoher Stromaufnahme werden drei Wochen lang bei einer Temperatur von rd. 100° in einem Ofen getrocknet und ihre Gewichtsabnahme notiert. Derartige Wickel enthielten 0,2 bis zu 0,7 kg Wasser bzw. Öl. Nach sorgfältiger Säuberung der Oberfläche von Masse und Öl durch Abwaschen mit Benzin erfolgt eine Oberflächenbehandlung mit einem ofentrocknenden Lack. Der erste dünne Anstrich soll 24 Std., die folgenden je 12 Std. bei möglichst gleichmäßiger Temperatur trocknen. Zum Schluß wird die Stromaufnahme im erkalteten Zustande mit der Anfangsmessung bei 33 kV verglichen. Die Armaturen werden sorgfältig auf Porenfreiheit geprüft, mit Glyzerin-Bleiglätte-Kitt neu gekittet und die Kittstellen dreifach lackiert. Die fertige Durchführung wird schließlich mit doppelter Nennspannung geprüft. In ähnlicher Weise werden öl- bzw. massegefüllte Durchführungen aufgearbeitet.

Nach Ansicht des Berichters handelt es sich bei den angeführten Fehlern, z. B. des Wassereindringens durch Undichtigkeiten nicht nur um Herstellungsfehler, sondern auch um Unzulänglichkeiten der Konstruktion, die durch eine Überholung in einer Betriebswerkstatt nicht zuverlässig beseitigt werden können. Die Prüfung auf Stromaufnahme ist als äußerst primitiv zu bezeichnen, wo die Messung der Verluste mit der Scheringbrücke zuverlässigen Aufschluß liefern würde. Die 21tägige Trocknungsdauer, wozu noch die Trockenzeiten für die Lackierung kommen, würde für sich genommen ausreichen, um eine ursprünglich gute Durchführung erheblich zu verschlechtern. Wir können deshalb das vorgeschlagene Verfahren, das auf die Fabrikationsverfahren der in Betracht kommenden Hersteller kein gutes Licht wirft, nicht zur Nachahmung empfehlen. *W. Es.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.65

Überwachung des Quecksilberdampfdrucks bei Gleichrichtern. [Nach E. J. Remscheid, Gen. Electr. Rev. 41 (1938) S. 550; 7 S., 10 Abb.]

Ein zuverlässiger Betrieb von Quecksilberdampf-Gleichrichtern bedingt sichere Beherrschung und Einregelung von Temperatur und Dampfdruck. Die Stelle, deren Temperatur zu überwachen ist, liegt bei Eisengefäßen in der Projektion der Anodenfläche am Gefäßboden. Ein zu hoher Dampfdruck verursacht gewöhnlich Rückzündungen während der negativen Halbwelle der Anodenspannung. Wenn umgekehrt der Dampfdruck unter einen bestimmten kritischen Wert sinkt, verlöscht der Lichtbogen infolge Verarmung an ionisiertem Dampf. Der Dampfdruck verdoppelt sich angenähert bei 10° Temperaturzunahme. Anderseits fällt die Spannungsfestigkeit mit hoher Temperatur rasch ab. Der Lichtbogenabfall geht mit hoher Gefäßtemperatur ebenfalls zurück. Daher müssen die Temperatur und damit der Dampfdruck im Gefäß in bestimmten Grenzen gehalten werden.

Zur Abfuhr der Verlustwärme erhält das Stromrichtgefäß eine künstliche Kühlung. Starke Belastungsschwankungen erhöhen die Anforderungen an die Kühlung, da die Wärmekapazität des Gefäßes verhältnismäßig gering ist. Die Temperatur an der Kathode kann sich in beträchtlichem Maß ändern, ohne den Gleichrichterbetrieb zu stören. Der größte Teil der Kathoden-Verlustwärme wird im Vakuumgefäß verteilt, nur ein Rest geht an die Kathodenkühlung. Die Verwendung eines emaillierten massiven Kathodenringes läßt außerdem plötzliche Temperaturänderungen ohne weiteres zu.

Dagegen verlangen die Anoden die Einhaltung engerer Temperaturgrenzen. Hier stört auch eine zu niedrige Temperatur, wie sie bei geringer Last oder niedriger Raumtemperatur auftreten kann. Man wärmt dann das Kühlwasser durch Heizwiderstände im Gefäßmantel oder im Rückkühler an. Dabei können aber die Anoden selbst noch zu sehr abkühlen, und zwar so weit, daß an ihnen Quecksilber kondensiert, was leicht zu Rückzündungen führt. Um diese zu verhindern, werden bei den Gleichrichtern außen um die Anodenschäfte Heizspiralen gelegt. In Bahnanlagen wird diese Heizung lastabhängig durch Stromrelais eingeschaltet, in elektrochemischen Anlagen schaltet man die Heizwiderstände, wenn erforderlich, durch Ruhekontakte an den Schnellschaltern.

Für Eisengleichrichter arbeitet auch nach den amerikanischen Erfahrungen[1]) am zuverlässigsten eine mittelbare Kühlung mit geschlossenem Umlaufwasserkreis. Die Frischwassermenge wird dabei selbsttätig über ein Regelventil in Abhängigkeit von der Gefäßbodentemperatur eingeregelt. Damit vermeidet man sicher eine Verschmutzung der Kühlwasserwege des Gleichrichters. Bei mittelbarer Luftkühlung wird vom Thermostaten des Lüfters für die Frischluft geschaltet. Dabei ist ein Ausgleichbehälter im Umlaufwasserkreis notwendig, um die Schalthäufigkeit des Lüfters zu begrenzen. Gefäße kleinerer Leistung erhalten unmittelbare Luftkühlung, wobei der Lüfter ebenfalls von der Gefäßtemperatur gesteuert wird. Auch bei Ignitrons wird mittelbare Wasserkühlung angewandt.

Die Hochvakuumpumpe arbeitet am günstigsten mit einer Temperatur, die wesentlich unter der Betriebstemperatur des Gefäßes liegt. Daher kühlt man hier unmittelbar mit Frischwasser oder über einen getrennten Hilfsrückkühler.

An Steuergeräten werden also benötigt:

Ein Thermostat zur Einregelung der Gefäßtemperatur und drei weitere Thermostate als Schutzgeräte zur Abschaltung des Gleichrichters bei Über- oder Untertemperatur und zur Einschaltung der Heizung bei Untertemperatur.

Die Lebensdauer von Eisengleichrichtern wurde bisher vor allem durch Anrostungen in den Kühlwasserwegen begrenzt. Daher wurde nach einem wirksamen Korrosionsschutz für die betroffenen Eisenteile gesucht. Lufttrocknende Anstrichfarben, Emaillierung, Metallspritzüberzüge usw. haben nicht befriedigt. Daher ging man dazu über, eine geeignete Vorbehandlung des Kühlwassers zu erproben. Von den untersuchten Mitteln hat nur die Beimischung von 0,5% Natriumdichromat ($Na_2Cr_2O_7 \cdot 2\,H_2O$) die gestellten Anforderungen erfüllt. Eine mehrjährige Anwendung in verschiedenen Anlagen ergab nur noch unwesentliche Korrosionen, während man dort bisher die Gefäße in regelmäßigen Abständen reinigen mußte. *Dr. Az.*

Elektrowärme.

DK 621.791.736.31 : 629.12

Eine neue Punktschweißmaschine für den Schiffbau. [Nach O. Wundram, Werft Reed. Hafen 20 (1939) S. 22; 6 S., 5 Abb.]

Die üblichen Punktschweißmaschinen, zumal für stärkere Bleche, sind in der Ausladung der die Punktelektroden tragenden Arme beschränkt, da die beiden Elektroden nicht weit vom Transformator entfernt sein dürften. Die bei der Widerstandsschweißung verwendeten starken Ströme erleiden bei Ausladungen über 1 m, zumal wenn dazwischenliegende Eisenbleche eine starke Drosselung ergeben, so hohen Spannungsverlust, daß die Schweißung unsicher wird. Eine Beschränkung auf schmale Bleche ist aber für den Schiffbau unerträglich, und so kommt es, daß die Punktschweißung, die an und für sich für die

1) Vergl. W. Nowag, Die Verluste und die Kühlung der Großgleichrichter. BBC-Nachr. 20 (1933) S. 113.

Digitized by Google

Blechplattenverbindung durchaus wünschenswert ist, weil sie große Ähnlichkeit mit der Nietung besitzt und anderseits gegenüber der Lichtbogenschweißung metallurgisch und wärmespannungsmäßig zuverlässiger arbeitet, bislang auf den Werften kein Anwendungsgebiet fand. Die beste Lösung der Schwierigkeit, die einzig in der Gemeinsamkeit einer Stromquelle für zwei auf verschiedene Blechseiten anzusetzende Elektroden lag, fand sich in der Verwendung der zweipaarigen Doppelpunktschweißmaschine, deren Grundgedanke aus Abb. 3 hervorgeht. Zwei voneinander unabhängige Transformatoren, die je zwei auf der gleichen Blechseite liegende Elektroden speisen, können auf der Schweißspannungsseite (sekundär) mit den kürzesten elektrischen Leitungswegen auskommen. Zwar ist, wie die Abb. 3 zeigt, ein gewisser Nebenschlußverlust in jeder Plattenseite vorhanden, der Hauptstrom der beiden hintereinandergeschalteten Elektrodenpaare durchsetzt aber die beabsichtigten Schweißpunkte, deren Abstände durch Verschiebung der Elektroden variiert werden können. Dadurch daß man infolge der elektrischen und mechanischen Unabhängigkeit der Transformatoren den einen samt seiner Elektrodensteuerung an der Decke, den anderen auf dem Boden der Werkstatt unterbringen kann, gewinnt man die Möglichkeit, praktisch Bleche jeder Ausdehnung zusammenschweißen zu können. Selbstverständlich kann eine solche Einrichtung nicht beliebig auf der Werfthelling verwendet werden, da aber immer mehr in der Schiffbauschweißung die Gepflogenheit aufkommt, großstückige Teile in der Werkstatt fertigzustellen, wird man dies Verfahren auch der Doppelpunktschweißmaschine zubilligen können. Abb. 4 zeigt eine solche zweipaarige Punktschweißmaschine für den Schiffbau, wie sie schon auf zwei deutschen Werften verwendet wird. Ein starker Ausleger, der Blechbreiten von 2 bis 3 m zu bearbeiten zuläßt, trägt den einen Transformator mit den beiden Elektroden, ihm gegenüber auf dem Flur ist der andere Transformator angebracht, so daß jeweils zwei Elektrodenpaare zur gleichzeitigen Herstellung von zwei Schweißpunkten miteinander wirken können. Die Leistung der Umspanner beträgt je 75 kVA, womit Bleche von 2×12 mm mit Schweißpunkten von 10 bis 12 mm Dmr. in wenigen Sekunden verschweißt werden können, ohne daß die Bleche einer Oberflächenreinigung bedürften. Die Spannung zwischen den Elektroden beträgt nur wenige Volt, die Stromstärke bei den angegebenen Punktabmessungen 8000 bis 10 000 A. Der Elektrodenschub, der gleichzeitig auch den Druck regelt, wird durch Preßluft (6 atü) betätigt, der Strom wird mittels Druckknopfs über ein Relais (Steuerstrom 42 V) eingeschaltet. Damit der Schweißer seine Hände freibehält, werden Preßluftventile und Steuerstromschalter mit dem Fuß betätigt. Wenn auch diese Doppelpunktschweißmaschine nicht die universelle Anwendbarkeit der Lichtbogenschweißung erreicht, so ist doch eine Weiterentwicklung zur fahrbaren und automatischen Verwendung nicht ausgeschlossen, wenngleich auch nur für gleichartige stets wiederkehrende Arbeit. Neben den metallurgischen und wärmetechnischen Vorteilen wird der Werftbetrieb die Verwendungsmöglichkeit ungelernter und ungeprüfter Schweißer, wie sie diese Widerstandsschweißung bietet, nicht außer acht lassen dürfen. *Sb.*

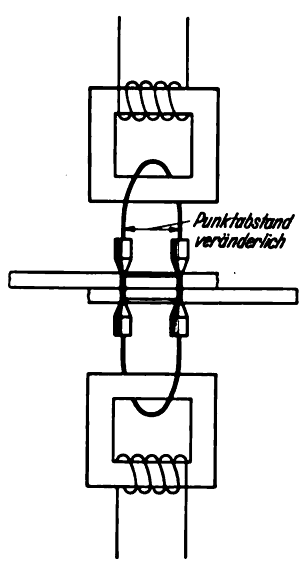


Abb. 3. Wirkungsweise der Doppelpunkt-Schweißmaschine.

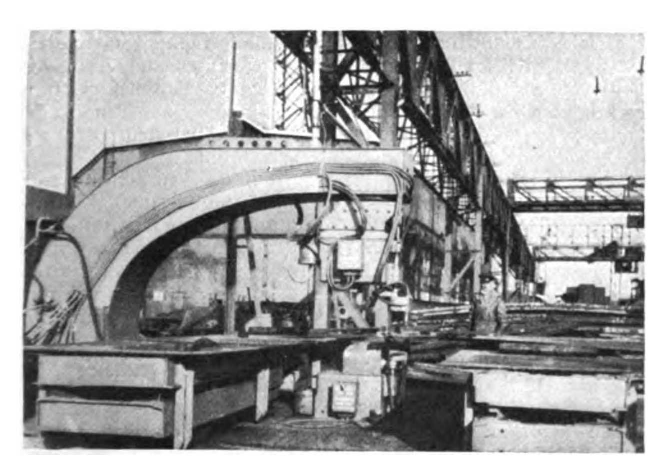


Abb. 4. Doppelpunkt-Schweißmaschine an der Schiffshelling.

DK 621.367 : 621.791.762.5 : 669.14

Abschmelzschweißung von legierten Stahlrohren. [Nach W. Denker, Stahl u. Eisen 59 (1939) S. 396; 3 S., 7 Abb.]

Die Widerstandsabschmelzschweißung geht in drei Stufen vor sich: dem Vorwärmen, Abbrennen und Stauchen. Die erste Stufe dient der Werkstofferwärmung, die zweite zum Überhitzen und Reinigen der vorgewärmten Stoßstelle. Unmittelbar an das Abbrennen schließt sich unter gleichzeitiger Abschaltung des Stromes das Stauchen an, das die eigentliche Verschweißung zur Folge hat. Bei legierten Stählen hängt die Treffsicherheit beim Schweißen vor allem vom Stauchdruck und von der Stauchgeschwindigkeit ab. Ist der Stauchdruck gering, so können in den überhitzten Zonen neben der Naht Warmrisse längs den Korngrenzen entstehen. Bei legierten Stahlrohren muß man mit höheren Stauchdrücken arbeiten als bei unlegierten Stählen. Durch den während des Schweißens im Rohrinnern entstehenden Luftüberdruck findet sehr leicht eine Oxydation statt. Man vermeidet diese Oxydation und dadurch die sich aus ihr ergebenden Fehlschweißen durch die Einhüllung der Schweißstelle in eine Schutzgasatmosphäre. Auf die Weise können auch höherlegierte Stahlrohre einwandfrei geschweißt werden. Bei genügender Erfahrung und unter Beobachtung der besten Maschinenleistung erscheint die Zuverlässigkeit der Abschmelzschweißung auf selbsttätigen Maschinen größer im Vergleich mit der Lichtbogenschweißung. *Kp.*

Verkehrstechnik.

DK 625.623

Leichtstahlbauweise für Straßenbahnwagen. [Nach W. Jenne, Verkehrstechn. 20 (1939) S. 29; $2\frac{1}{2}$ S., 2 Abb.]

Zur Erzielung einer wirtschaftlichen Rohstoffverwertung muß unbedingt eine Vereinheitlichung der Straßenbahntrieb- und Anhängewagen erfolgen, wobei neben der Normung der Fahrzeuge die Anwendung der Leichtstahlbauweise und Verwendung neuer Werkstoffe notwendig wird. Bei der Berechnung der Konstruktionsteile dürfen nicht nur die statischen, sondern vor allem die dynamischen Beanspruchungen berücksichtigt werden. Hierbei zeigt es sich, daß jedes Teil eine günstigste Form mit größter Dauerfestigkeit und Arbeitsfähigkeit hat. Überflüssiger Werkstoff kann die Arbeitsfähigkeit nur vermindern. Schwer kann nicht gleichbedeutend mit haltbar gesetzt werden; statt des Kraftbegriffes muß der Arbeitsbegriff in den Vordergrund treten. Die dynamische Ausnutzung einer bestimmten Werkstoffmenge ist am größten bei ganz gleichmäßiger Beanspruchung, der Leichtbau erfordert daher eine sehr eingehende rechnerische Behandlung, da mit geringster Werkstoffmenge die größte Wirkung erzielt werden soll. Dem vor allem im Anfang der Neuentwicklung höheren Anschaffungspreis solcher Fahrzeuge steht eine Senkung der Unterhaltungskosten gegenüber. Letztere ergibt sich durch die Verringerung des Verschleißes aller Teile, besonders der Räder, Bremsen und Schienen durch das kleinere Gewicht. Der Leichtbau ermöglicht besseren Korrosionsschutz. Wird bei den Triebwagen Ballast zur Vergrößerung des Reibungsgewichtes nötig, so muß hierfür Schwerspat und nicht Eisen benutzt werden. Ein Triebwagen mit 55 Plätzen, wie er für die meisten Straßenbahnen in Frage kommt, könnte mit einem Leergewicht von 10 t hergestellt werden; ein zusätzlicher Ballast wäre nur bei starken Steigungen erforderlich. Für den Beiwagen in Leichtstahlbauweise wird ein Leergewicht von 4,9 t bei ebenfalls 55 Gesamtplatzzahl angegeben. Für den wagenbaulichen Teil der Triebwagen der Stuttgarter Straßenbahn erhielt man bei gleichem Fassungsvermögen durch die Leichtbauweise 30% Gewichtsersparnis gegenüber der alten Bauweise. Leichtmetalle wie Aluminium- und Magnesiumlegierungen können nur da verwendet werden, wo keine Verformungen durch gewaltsame Verletzungen auftreten, da die Teile aus Leichtmetallegierungen nach einer Verformung vergütet werden müßten. Der Bau eines Beiwagens aus Elektron wird jedoch angeregt, da sich hier ein Gesamtgewicht des Wagens von nur etwa 3 t ergeben würde. Die mit bereits ausgeführten schienenlosen Elektronwagen gemachten Erfahrungen könnten hierbei als Unterlage dienen. *Dtt.*

Digitized by Google

Theoretische Elektrotechnik.

DK 537.521.6-971

Der elektrische Durchschlag in Luft bei hohen Frequenzen. [Nach E. W. Seward, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 288; 5 S., 6 Abb.]

Anknüpfend an die Arbeiten von F. W. Peck, F. Misere, Townsend, Rusell und F. Müller befaßt sich der Verfasser mit der Untersuchung der Hochfrequenz-Überschlagspannungen in einem Frequenzbereich von 200 bis 1000 kHz. Die Untersuchungen wurden ausgeführt an Kugelfunkenstrecken von 5 mm und 14 mm Dmr. und an einer Nadelfunkenstrecke, wobei jeweils in einseitig geerdeter Anordnung gemessen wurde. Zur Erzeugung der hochfrequenten Spannungen diente ein fremdgesteuerter Röhrensender, in dessen abstimmbarem Endstufenkreis die Meßfunkenstrecke lag. Zur Spannungsmessung wurde ein statisches Elektrometer in Verbindung mit einem kapazitiven Spannungsteiler benutzt. Die Eichung dieser Meßanordnung wurde bei 50 Hz vorgenommen.

Die experimentellen Ergebnisse zeigten in Übereinstimmung mit denen anderer Verfasser ein Absinken der Hochfrequenz-Überschlagspannungen gegenüber denen bei 50 Hz. Der Verfasser konnte bei der 5 mm-Kugelfunkenstrecke nachweisen, daß die Überschlagspannung mit steigender Frequenz absinkt. So lagen z. B. die Hochfrequenz-Überschlagspannungen bei 2 mm Schlagweite bei 109 kHz um 1,2%, bei 600 kHz um 6,4%, und bei 900 kHz um 10,4% niedriger als die bei 50 Hz.

Im Anschluß an diese Messungen befaßt sich der Verfasser mit einer theoretischen Erklärung des Luftdurchschlages bei hohen Frequenzen, wobei er folgende Anschauung vertritt:

Die Zahl der Ionen, die bei einer bestimmten Spannung zwischen den Elektroden während einer bestimmten Zeit gebildet werden, wird annähernd unabhängig von der Frequenz sein, da das Verhältnis der Zeiten, in denen Ionenbildung auftritt, das gleiche bei allen Frequenzen sein wird. Bei höheren Frequenzen werden die Ionen in einer großen Zahl kurzer ionisierender Perioden gebildet, während dies bei niedrigen Frequenzen in einer kleineren Anzahl längerer Perioden geschieht. Dagegen wird die Zahl der positiven durch Elektrodenabstoßung und gegenseitige Abstoßung abwandernder Ionen bei niedrigen Frequenzen größer sein als bei hohen, da das Abwandern der Ionen eine gewisse Zeit beansprucht und bei niedrigen Frequenzen naturgemäß dafür mehr Zeit vorhanden ist. Daher ist die positive Raumladung, die stets maßgebend für den Durchschlag ist, bei hohen Frequenzen größer als bei niedrigen Frequenzen, wodurch die Überschlagspannung herabgesetzt wird. Diese Reduktion der Überschlagspannung wird irgendeiner Funktion der Frequenz proportional sein, und es ist naheliegend, daß sie annähernd direkt proportional der Frequenz ist. Der Versuch an 5 mm-Kugeln bestätigte diese Annahme.

Weiterhin führten Versuche an Nadelspitzen in einem Frequenzbereich von 50 Hz bis 900 kHz zu dem Ergebnis, daß die Hochfrequenz-Überschlagspannungen aus ähnlichen Gründen wie bei der Kugelfunkenstrecke niedriger lagen als bei 50 Hz, und zwar sanken die Überschlagspannungen mit wachsender Frequenz stark ab, z. B. bei 110 kHz auf rd. 55%, bei 300 kHz auf rd. 40% und bei 600 kHz rd. 30% des Wertes bei 50 Hz. Bei noch höheren Frequenzen blieb die Überschlagspannung nahezu konstant, was dadurch erklärt wird, daß bei Frequenzen über 600 kHz keine positiven Ionen mehr während der Dauer einer Periode abwandern können. *Lft.*

Physik.

DK 537.533.7

Experimenteller Nachweis der Phasenfokussierung. [Nach Ludwig Mayer, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 38; 4 S., 6 Abb.]

Beim Durchgang von Elektronen durch ein zeitlich veränderliches Längsfeld tritt eine Geschwindigkeitsmodulation der Elektronen auf, welche sich im weiteren Verlauf des Strahls in Verdichtungen und Verdünnungen der Elektronen längs des Strahls auswirkt. Diese „Phasenfokussierung" genannte Erscheinung wird mit einer Anordnung nachgewiesen, in der der geschwindigkeitsmodulierte Strahl von zwei gekreuzten Feldern, einem magnetischen und einem elektrischen Feld, abgelenkt wird. Die mit der Geschwindigkeit U_0 in das Steuerorgan, „die Phasenlinse", eintretenden Elektronen besitzen nach Verlassen des Feldes Geschwindigkeitsunterschiede, wodurch das Einholen von Elektronen in einem Treffpunkt nach Durchlaufen der „Treffweite" zustande kommt. Es wird dabei im Ultrahochfrequenzgebiet gearbeitet, da Spannungsanstiege von 10^{10} V/s wegen der gegebenen Spannung an der Phasenlinse und der durch die Rohrlänge begrenzten Treffweite nötig sind. Nach Verlassen der Phasenlinse werden die Elektronen zunächst magnetisch abgelenkt, wodurch man ein Maß für den Startzeitpunkt erhält. An der Stelle des Treffpunktes lenkt ein Plattenkondensator, an dem dieselbe Spannung wie an der Phasenlinse liegt, den Strahl in der zur magnetischen Ablenkung senkrechten Richtung ab. Diese Ablenkung ist ein Maß für den Ankunftszeitpunkt im Kondensator. Aus der auf einem Leuchtschirm geschriebenen Figur läßt sich so die gleichzeitige Ankunft der zu verschiedenen Zeiten gestarteten Elektronen ablesen. Es zeigt sich, daß die zu gleicher Zeit im Plattenkondensator eintreffenden Elektronen auf Parabeln liegen. Sowohl das Experiment als auch die Theorie ergibt, daß sich eine Phasenfokussierung für den verhältnismäßig großen Phasenbereich von — 45° bis + 30° der ansteigenden Sinusspannung erzielen läßt, da bei dem betrachteten Fall die Kurve zeitlich konstanter Treffweite weitgehend mit einem Teil der der Meßspannung entsprechenden Sinuslinie übereinstimmt. So wird der Nachweis für eine durch reine Geschwindigkeitsmodulation erzeugte Elektronendichtemodulation erbracht. *Drg.*

DK 621.383.2

Über das Verhalten einiger Vakuumphotozellen bei hohen Spannungen und hohen Lichtströmen. [Nach H. Krüger u. F. Weidert, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 50; 4½ S., 9 Abb.]

Über die Eigenschaften der Alkaliphotozellen bei sehr starken Beanspruchungen durch hohe Lichtströme und hohe Saugspannungen ist noch recht wenig bekannt geworden. Eine Reihe von Messungen sind bisher bei mittleren und geringen Lichtströmen durchgeführt worden unter Versuchsbedingungen, welche die Photokathode vor Überlastung schützen. Sie haben gezeigt[1]), daß Kaliumphotokathoden mit Oxydzwischenschicht bei sorgfältiger Herstellung auch die Einstrahlung des direkten Sonnenlichtes vertragen, ohne größere bleibende Änderungen als einige Prozent aufzuweisen, wenn die spezifische Kathodenbelastung unterhalb von etwa 0,1 µA/cm² gehalten wird. Die Verfasser haben sich die verdienstvolle Aufgabe gestellt, den Bereich der Beanspruchung soweit als möglich auszudehnen und das Verhalten der Alkaliphotozellen unter Einstrahlung höchster Lichtströme ohne Begrenzung des lichtelektrischen Stromes zu beobachten.

Zur Untersuchung werden sowohl Kaliumzellen als auch Zäsiumzellen verwendet. Die Photozellen werden durch das Licht einer 1000 W-Projektionslampe beleuchtet, wobei immer die gleiche Fläche der Photokathode dem Lichtstrom ausgesetzt wird. Als Ergebnis der Messungen bringen die Verfasser in Kurvendarstellung die Abhängigkeit des lichtelektrischen Stromes vom erregenden Lichtfluß (Kontrolle der Proportionalität) sowie die Abhängigkeit des lichtelektrischen Stromes von der Zeit bei konstanter Lichteinstrahlung.

Die Belastung der Photozelle erfolgt im Kurzschluß mit Lichtströmen von rd. 100 bis 1000 lm und 100 bis 1000 V Saugspannung. Die Strom-Lichtfluß-Kennlinien weisen bereits bei 100 lm und Spannungen von 100 V ausgeprägte Sättigungserscheinungen auf. Der lichtelektrische Strom beträgt dabei etwa 1 mA. Durch Steigerung der Anodenspannung wird der Sättigungsknick nach höheren Lichtströmen hin verschoben. Der Anodenstrom erhöht sich dabei bis auf 10 mA.

Die Untersuchung der zeitlichen Schwankungen sind bei den gleichen Lichtströmen und Spannungen durchgeführt worden. Sie ergeben fast durchweg ein Absinken des lichtelektrischen Stromes um rd. 30 bis 50% innerhalb der ersten Minuten. Dabei handelt es sich zum größten Teil um bleibende Änderungen. Die Erklärung für diese Erscheinung wird in einer teilweisen Veränderung der für die optimale lichtelektrische Wirkung notwendigen Oberflächenstruktur zu suchen sein.

Es muß betont werden, daß die Ergebnisse dieser Messungen keine Veranlassung zu einem Werturteil über die Alkaliphotozellen im allgemeinen geben dürfen. Sie erstrecken sich über einen Belastungsbereich, der weit außerhalb der praktisch vorkommenden oberen Belichtungsgrenze der Alkaliphotozellen liegt. Besonders ungünstige Belastungsverhältnisse werden durch die gleichzeitige Einwirkung der höchsten Lichtströme bei höchsten Spannungen geschaffen, da die Verlustleistung der Photozelle dabei bis auf 10 W (1000 V bei 10 mA) gesteigert wird (!). Eine Gesetzmäßigkeit in dem Verhalten der Alkaliphotozellen darf man unter diesen Bedingungen nicht erwarten, da die sinnvolle und praktisch vorkommende obere Belichtungsgrenze bei weitem überschritten ist. *uge.*

[1]) W. Kluge, ETZ 59 (1938) S. 647.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Erdung.

Der Ausschuß für Erdung hat die Bearbeitung des Neuentwurfes zu

VDE 0141 „Leitsätze für Erdungen in Wechselspannungsanlagen über 1 kV"

zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Der Entwurf ist in ETZ 60 (1939) H. 44, S. 1254 veröffentlicht. Die bisherigen Leitsätze enthielten nur Bestimmungen über Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen, während in dem Neuentwurf außerdem noch Betriebserdungen und Blitzschutzerdungen berücksichtigt sind.

Begründete Einsprüche zu dem Entwurf können bis zum 15. 12. 1939 bei der Geschäftstelle eingereicht werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Arbeitsgemeinschaften der Jungingenieure.

Die Teilnahme ist frei. VDE Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrische Bahnen. Leiter: Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
7. 11. 1939, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe „Triebfahrzeuge": „Dampf- und Diesel-Lokomotiven", Vortragender: Reg.-Baurat F. Rohrs.

Kabel und Leitungen. Stellvertr. Leiter: Dipl.-Ing. W. Röhricht VDE.
11. 11. 1939, 16⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Über das Patentwesen auf dem Kabel- und Leitungsgebiet" Vortragender: Dipl.-Ing. A. Kahmann.

Sitzungskalender.

Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien. 8. 11. (Mi), 18⁰⁰, Haus der Technik, Eschenbachgasse 9: „Die Niederspannungsschaltgeräte für gesteigerte Ansprüche" (m. Lichtbildern). Dir. H. Franken VDE.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Jubiläum. — Am 1. November 1939 beging Herr Dr.-Ing. Carl Trettin VDE das Jubiläum seiner 40jährigen Tätigkeit im Dynamowerk der Siemens-Schuckert-Werke AG. Sein Wirken ist eng verbunden mit der Entwicklung dieses Werkes. Er beeinflußte maßgebend die Entwicklung der Gleichstrommaschine von ihren ersten Anfängen bis zu ihrer jetzigen Vollendung. Auch an der Durchbildung von Gleichstromsondermaschinen, insbesondere der Gleichstrom-Turbogeneratoren, und der Entwicklung von Grenzleistungsmaschinen hat C. Trettin führenden Anteil. In Fachkreisen ist er durch eine Reihe von Veröffentlichungen über elektrotechnische Probleme, wie Segmentspannung, Stromwendung und Erwärmung bekannt geworden. Die T. H. Karlsruhe ehrte im Jahre 1931 seine großen Verdienste um die Entwicklung der Gleichstrommaschine durch die Ernennung zum Dr.-Ing. E. h.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.3.027.7

Elektrische Höchstspannungen. Von Dr. A. Bouwers. (Technische Physik in Einzeldarstellungen. Bd. 1. Herausg. v. W. Meißner und G. Holst.) Mit 239 Abb., IX u. 333 S. im Format 165 × 235 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 29,40 RM, geb. 31,20 RM.

Der Verfasser hat sich die schwierige Aufgabe gestellt, im Rahmen eines Buches von normalem Umfang das gesamte Gebiet der Hochspannungstechnik zu behandeln. Dabei sind die Grenzen des Gebietes weiter gezogen als sonst üblich, da auch die moderne Kernphysik und die Röntgentechnik mit einbegriffen sind. Es ist selbstverständlich, daß bei so weitem Rahmen des Buches nicht jede Einzelheit erschöpfend behandelt werden kann. Trotzdem werden beim Leser auf keinem Teilgebiet Sonderkenntnisse vorausgesetzt, da immer von den Grundzügen aus aufgebaut wird.

Nachdem im ersten Abschnitt sämtliche Verfahren zur Erzeugung hoher Spannungen anschaulich behandelt werden, gibt der zweite Abschnitt einen Einblick in die elektrischen Felder sowie die verschiedenen Verfahren zu deren Bestimmung. Als günstig muß hier erwähnt werden, daß bei der Behandlung dieses Gebietes manche Ähnlichkeit mit dem Buch „Elektrische Festigkeitslehre" von Schwaiger besteht, so daß jeder, der noch tiefer in diese Materie eindringen will, ohne Umstellung das obengenannte Buch benutzen kann. Die isolierenden Medien der drei Aggregatzustände und der elektrische Durchschlag in diesen Medien bilden den dritten Abschnitt. Der Abschnitt IV „Bauelemente von Hochspannungsanlagen" umfaßt neben Leitern, Isolatoren, Widerständen, Kondensatoren und Spulen auch die Hochspannungs-Gleichrichter, die ja in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen haben, sowie Schalter und Kabel. Es wird auf alle wichtigen Gesichtspunkte, die bei der Formgebung und Anordnung der Elemente zu beachten sind, hingewiesen. Im fünften Abschnitt erhält man ein übersichtliches Bild über die verschiedenen Möglichkeiten der Messung von Höchstspannungen. Nach den üblichen technischen Meßverfahren, wie Funkenstrecke, Spannungsteilung, elektrostatische Messung usw., werden auch rein physikalische angegeben, z. B. Spannungsmessung durch Messung von Teilchengeschwindigkeiten. „Anwendung von Höchstspannungen" ist die Überschrift des letzten Abschnittes. Durch die Aufnahme der Gebiete aus der Röntgentechnik und der Kernphysik in diesen Abschnitt, der mit der elektrischen Kraftübertragung und der Hochspannungsprüfung beginnt, tritt augenfällig hervor, wie sehr sich technische Physik und eigentliche Hochspannungstechnik überschneiden und in ihrer Entwicklung gegenseitig fördern.

Gegenüber einem Lehrbuch strenger Fassung hat die vom Verfasser gewählte Art der Darstellung manchen Reiz; der Hochspannungstechniker und derjenige, der einer werden will, werden viele fruchtbare Anregungen daraus entnehmen.

F. Michaelis VDE.

DK 621.385.001.1

Einführung in die Theorie der Elektronenoptik. Von Prof. Dr. phil. J. Picht. Mit 39 Abb., VIII u. 197 S. im Format A 5. Verlag Joh. Ambr. Barth, Leipzig 1939. Preis kart. 15,60 RM.

Der Verfasser hat einerseits selbst kräftig an dem Ausbau der theoretischen Elektronenoptik mitgearbeitet, anderseits an der Berliner Techn. Hochschule eine Vorlesung über diese Disziplin gehalten. Man wird daher von vornherein erwarten, bei dem Buch in die Tiefe gehende Sachkenntnis mit klarer und einfacher Darstellung vereinigt zu finden. Diese Erwartungen werden voll bestätigt: Das Buch bringt einen vollständigen Überblick über die Theorie der Elektronenoptik, wobei es in vielen Fällen über das hinausgeht, was in den Originalarbeiten enthalten ist. Die Darstellung ist klar disponiert und versucht durch Fortlassung alles dessen, was nicht unmittelbar zur Theorie gehört, sowie durch starken Einsatz der Mathematik auf knappem Raum auszukommen.

Bei der straffen Darstellungsform ist es schwer vermeidbar, daß der Techniker und experimentelle Physiker, der sich für

Digitized by Google

dieses Gebiet interessiert, den Anschluß an das Experiment vermißt. Natürlich brauchen Elektronenmikroskop, Bildwandler, Braunsche Röhre, Vervielfacher usw. in einer Einführung in die Theorie an sich nicht erwähnt zu werden, aber vielleicht hätte auch der Theoretiker, der das Gebiet kennen lernen will, gern hin und wieder einen Hinweis auf die Zusammenhänge der Theorie mit dem Experiment und auf den Wert der theoretischen Erwägungen für die Praxis.

Alles in allem: Eine mit großer Sachkenntnis geschriebene Einführung in die Theorie, die durch ihr hohes Niveau und durch die klare Darstellung dem Theoretiker ein schnelles und tiefes Eindringen in die Grundlagen und den mathematischen Apparat der geometrischen Elektronenoptik ermöglicht. Das Buch kann jedem, der sich ernstlich mit der Theorie der Elektronenoptik befassen will, aufs wärmste empfohlen werden.

E. Brüche.

DK 517

Einflußgrößenrechnung. Die Erfassung funktionaler Zusammenhänge in der industriellen Technik. Von H. Stevens. Mit 72 Abb. u. 135 S. im Format C 5. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1939. Preis kart. 9 RM.

In der Statik und in anderen Anwendungsgebieten der Mathematik versteht man unter der Einflußzahl — im unstetigen Falle —, unter der Einflußfunktion (Greenschen Funktion) — im stetigen Falle — die Wirkung, z. B. Durchbiegung, Helligkeit, Feldstärke oder dergleichen, die an der Stelle P von der im Punkte Q befindlichen Ursache 1, z. B. Kraft, Lichtmenge, elektrischen Ladung, hervorgebracht wird. Diese Begriffe sind deshalb bedeutsam, weil nach dem Überlagerungsprinzip die Wirkung einer beliebigen Ursache durch Vervielfachung, die Wirkung mehrerer Ursachen durch Summation bzw. Integration erhalten werden kann. So erscheint z. B. die Durchbiegung eines verwickelten Tragwerks an einer Stelle P als Summe über die an verschiedenen Punkten Q sitzenden Belastungen mit den Einflußzahlen als Koeffizienten. Für schwierigere, insbesondere dynamische Probleme wird man auf diesem Wege in ungezwungener Weise zu Integralgleichungen als angemessenem mathematischem Ausdruck geführt.

Mit diesen Dingen — was man nach dem Titel zunächst vermutet — hat das vorliegende Buch nichts zu tun. Der Verfasser bezeichnet vielmehr in nicht zu empfehlender Art als Einfluß- oder Bezugsgrößen die unabhängigen Veränderlichen, als Endwert die abhängige Veränderliche eines funktionalen Zusammenhangs. Es handelt sich bei dem Werke um eine elementare Anleitung zur Angabe formelmäßiger Funktionsbeziehungen auf Grund von Beobachtungen für einfache Fälle. Nach einer nicht ganz klaren Einleitung werden zunächst für eine unabhängige Veränderliche x die Typen: Potenz $a\,x^k$, Logarithmuspotenz $a\,(\log x)^k$, Exponentialfunktionen $a\,G^{bx}$ und $a\,G^{b/x}$, Funktionen $a\,x^{bx}$ und $a\,x^{b/x}$ an Hand von Zahlenbeispielen und Schaubildern behandelt, dann durch Hinzunahme additiver Konstanten erweitert. Streckung von Kurven zu Geraden auf Logarithmenpapier und anderen Funktionspapieren sowie Berechnung der Konstanten aus genügend vielen bekannten Funktionswerten spielen die Hauptrolle. Für zwei unabhängige Veränderliche x und y werden die Potenzsumme $a\,x^k + b\,y^m$, das Potenzprodukt $x^k\,y^m$ und die Funktion x^{cy}, auch mit additiven und multiplikativen Konstanten durchgesprochen. Für mehr als zwei unabhängige Veränderliche beschränkt sich der Verfasser auf Potenzsummen und Potenzprodukte; Konstanthalten einzelner Veränderlicher, Logarithmieren und ein in günstigen Fällen anwendbares „Grenzlinienverfahren" dienen als Hilfsmittel.

Die Darstellung ist breit. Alle Rechnungen werden im einzelnen vorgeführt. Von dem wichtigen Einfluß von Beobachtungsfehlern ist kaum die Rede, ebensowenig vom Vorgehen bei Mangel an Daten, deren der Verfasser für die Konstantenberechnung teilweise sehr viele benötigt. Die Bezeichnungen „Diagramm" und „Nomogramm" werden in einer sonst nicht üblichen und nicht klar festgelegten Bedeutung gebraucht[1]).

Der Hauptwert der Arbeit liegt in zwölf schönen Beispielen aus der Praxis, namentlich aus der Betriebslehre, bei denen Faustformeln für Versuchsergebnisse hergeleitet werden: Wassermessung mit Wehr, Druckverlust eines Pumpenventils bei veränderlicher Vorlast, Trichtergewicht bei dünnwandigem Guß, Schleifzeit bei dünnwandigem Guß, Boudouardsches Gleichgewicht in der Metallurgie, Akkordbestimmung in einer Maschinenformerei, Stückzeitermittlung bei Salzbadhärtung, Ausschuß bei Ofenguß, Härtezeit und Gasmenge beim Oberflächenhärten von Wellen, Torsionswert von Stahlwalzdraht, Kerbzähigkeit von Schmiedestücken, Sortenkostenberechnung in einer Glüherei.

A. Walther.

1) Vgl. Besprechung von H. Dierckx und H. Euler: Praktische Nomographie in ETZ 60 (1939) H. 38, S. 1123.

DK 621.396

Schule des Funktechnikers. Ein Hilfsbuch für den Beruf mit bes. Berücksichtigung der Rundfunktechnik. Von Hanns Günther und H. Richter. 3. Bd.: Aufgaben aus der Praxis. Mit 412 Abb. u. 256 S. im Format B 5. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1939. Preis geh. 16 RM.

Wer eine Wissenschaft beherrschen will, der darf sich nicht damit begnügen, den Stoff in sich aufzunehmen. Er muß vielmehr selber darin arbeiten und ihn mit seiner eigenen Kraft meistern. Der Studierende an einer Schule, der rechnerische, zeichnerische oder experimentelle Übungen belegt, hat es dabei viel leichter als der Leser eines Lehrbuches, und darum ist es zu begrüßen, wenn neuere Bücher viele Zahlenbeispiele und Aufgaben zum Selbstrechnen bringen. Ein besonderes Verdienst ist es aber, wenn die Verfasser — wie es hier geschehen ist — zu ihrem Lehrbuch[1]) eine ganze Aufgabensammlung erscheinen lassen, die über 800 Aufgaben enthält, leichte und schwere in bunter Folge, die den Leser besonders dann zum scharfen Nachdenken zwingen, wenn sie nicht an Hand einer hilfsbereiten Formel zu lösen sind. Nach einer kurzen Einleitung über „Lernen und Verstehen" wird das ganze Gebiet der Funktechnik in umfassender Weise behandelt, von den elektrotechnischen Grundlagen ausgehend die Schaltung und Wirkungsweise von Sende- und Empfangsgeräten, auch Sondergebiete wie Fernseh- und Tonfilmtechnik, die rechnerische Behandlung funktechnischer Erscheinungen und Berechnung von Funkschaltungen, die Werkstoffe der Funktechnik, Entwicklung, Konstruktion und Herstellung, Reparatur, Umbau, Modernisieren und Abgleichen von Geräten, Wirtschaftsfragen, Prüfen, Messen, Oszillographieren und Industrieschaltungen.

Es ist eine Freude, das Werk gründlich zu studieren.

Karl Mühlbrett VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

DZ-Kurve. Durchhänge und Zugspannungen von Freileitungen. Von Geh. Baurat F. Besser. Mit 12 Abb., 2 Tafeln u. 52 S. im Format A 4. Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin 1939. Preis kart. 4,80 RM.

[Für waagerechte und geneigte Freileitungen auf Stützisolatoren oder an Ketten lassen sich bei allen Leitungsmaterialien die Durchhangs- und Zugspannungswerte aus der Einheitskurve mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen und alle Änderungen leicht und schnell überblicken. Das Heft enthält zunächst allgemeine Erläuterungen[2]), dann 13 durchgerechnete Beispiele und schließlich Formeln und Tafeln.]

Die deutsche Industrie. Gesamtergebnisse der amtlichen Produktionsstatistik. (Schriftenreihe des Reichsamts für Wehrwirtschaftliche Planung, Heft 1.) Mit zahlr. Abb. u. 160 S. im Format A 4. Verlag für Sozialpolitik, Wirtschaft und Statistik, Paul Schmidt, Berlin 1939. Preis kart. 6,40 RM, geb. 8,00 RM.

Praktische Nomographie. Entwerfen von Netztafeln, Nomogramme für beliebig viele Veränderliche mit Hilfe der Leitlinie. Praktische Beispiele. Von H. Diercks und H. Euler. Mit 27 Abb. u. 74 S. im Format C 5. Verlag Stahleisen m.b.H., Düsseldorf 1939. Preis kart. 5,00 RM.

1) Besprechung von Band 1 in ETZ 58 (1937) S. 1232; Band 2 in ETZ 59 (1938) S. 1171.
2) F. Besser, ETZ 59 (1938) S. 751.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. W. Putz VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 102.
Dr. F. C. Salc VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 68.
Prof. A. Weber VDE, Royken/Norwegen, Nedre Bjornstadt.

Abschluß des Heftes: 27. Oktober 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | **Berlin, 9. November 1939** | **Heft 45**

Regel- und Steuerverfahren für den Elektrizitätsverbundbetrieb.

Von H. Graner VDE, München.

DK 621.311.1.072

Übersicht*). Wirtschaftliche und besonders wehrwirtschaftliche Gründe machen den weiteren Ausbau der Verbundwirtschaft und die Schaffung des Reichsnetzes dringend erforderlich. Da mit Rücksicht auf die Kurzschlußströme die Kopplung nur lose gestaltet werden kann, muß die Regelung dem Reichsnetz einen um so festeren inneren Zusammenhalt geben. Hierzu ist eine vollkommene Vereinigung der Energieströmungsregelung mit der Leistungsgleichgewichts- und Frequenzregelung notwendig. Es werden zwei in Deutschland entwickelte Verfahren, die Richtvektorregelung und das Netzkennlinienverfahren, beschrieben, die einen idealen Gemeinschaftsbetrieb im Reichsnetz ermöglichen.

Einleitung.

Die immer engere Ausgestaltung der Elektrizitätsverbundwirtschaft ist nicht nur vom rein wirtschaftlichen Standpunkt aus ein sehr erstrebenswertes Ziel, sondern bildet zugleich auch eine der Hauptforderungen der Wehrwirtschaft.

Wohl der beste Beweis für die große wirtschaftliche Bedeutung des Elektrizitätsverbundbetriebes ist die von wehrwirtschaftlichen Gesichtspunkten unbeeinflußte Entwicklung der Hochspannungsnetze in Deutschland in dem ersten Jahrzehnt nach dem Kriege, wie sie der Vergleich zwischen den im Jahr 1920 und den im Jahr 1929 in Deutschland vorhandenen Hochspannungsleitungen für 40 kV und mehr zeigt[1]). Diese Tatsachen beweisen die wirtschaftlichen Vorteile des Zusammenschlusses überzeugender als es lange Wirtschaftlichkeitsrechnungen vermöchten. Das gleiche gilt auch von dem, was bewährte Wirtschaftsführer auf Grund ihrer langjährigen praktischen Erfahrungen über die Verbundwirtschaft in letzter Zeit sagten.

Ein solcher Verbundbetrieb kann nicht etwa nur vorübergehend, wenn es gerade nötig ist, durch Um- oder Zusammenschaltungen zustande kommen, sondern bedingt ein dauerndes Parallelfahren über möglichst viele Leitungen, weil dies die größte Sicherheit und die beste Ausnützung der Energieübertragungsanlagen ergibt. Es sind nach dieser Richtung hin in den letzten Jahren sehr erfreuliche Fortschritte erzielt worden. So hat sich z. B. die Gesamtlänge aller Hochspannungsleitungen in Deutschland und in der Ostmark seit 1934 um rd. 20 % vergrößert, und zwar, da mehr als die Hälfte des Zuwachses auf 100- bis 150 kV-Leitungen und fast $^1/_6$ auf 220 kV-Leitungen entfallen, gerade im Sinne der weiteren Ausgestaltung der Verbundwirtschaft.

Um nun möglichst rasch zu der geforderten „idealen" Verbundwirtschaft zu kommen, dürfen wir die Aufgabe nicht mit unzureichenden Mitteln zu lösen suchen, sondern müssen sie nach einem einheitlichen und großzügigen, ganz auf die deutschen Verhältnisse zugeschnittenen Plane gleich so anpacken, daß unser Reichsnetz allen künftigen Anforderungen auf weite Sicht gewachsen ist und auch den schwersten Erschütterungen standhält. Hierzu gehört vor allem auch, daß wir uns nicht darauf beschränken, die 100 kV-Netze über die 200 kV-Leitungen miteinander zu kuppeln, sondern möglichst bald mit dem Dauerverbundbetrieb über die meist schon bis zu den Kuppelstellen ausgebauten 100 kV-Leitungen beginnen und von vornherein den späteren Verbundbetrieb über die 100- und die überlagerten 200 kV-Leitungen **zugleich** ins Auge fassen.

Eine solche enge Vermaschung ergibt zwar, da in unserem Reichsnetz eine beträchtliche Gesamtmaschinenleistungsfähigkeit ziemlich dicht zusammengedrängt sein wird, wegen der verhältnismäßigen Kürze der Leitungen hohe Kurzschlußströme, und diese werden außerdem mit fortschreitendem Kraftwerksausbau immer mehr zunehmen. Wir verfügen aber anderseits auch über die leistungsfähigsten Schalter, die es gibt, und die Mittel zu ihrer Beschaffung und zum möglichst kurzschlußfesten Ausbau der Schaltanlagen dürften bei dem stark gestiegenen Stromabsatz wohl auch vorhanden sein. Weiterhin kann man dem Anwachsen der Kurzschlußströme auch dadurch begegnen, daß man Zwischenumspanner in die 100 kV-Kupplungsleitungen einbaut. Diese sind zugleich zur Bekämpfung des Erdschlußstromes, zur Spannungs- und Blindleistungsregelung und gegebenenfalls auch zur Beeinflussung der Wirkleistungsverteilung auf parallele Leitungen oder ganz allgemein zur Leitungskompensation[2]) notwendig oder zum mindesten sehr zweckdienlich, und sie sorgen außerdem mit dafür, daß sich die Energieübertragung auf weite Entfernungen hauptsäch-

*) Nach einem vor dem VDE Bezirk Württemberg am 25. 5. 1939 in Stuttgart gehaltenen Vortrag.

[1]) Die beiden bei dem Vortrag gezeigten Lichtbilder waren nach den Abb. 1, 2 und 3 des Aufsatzes „Der Zusammenschluß großer Netze im Lichte der Elektrizitätswirtschaft" von R. Frank in ETZ 50 (1929) S. 963 gezeichnet.

[2]) Am besten in der Form, daß die von den Regelumspannern in die Leitungen eingeführten Zusatzspannungen die Wirkung einer (positiven oder negativen) künstlichen Impedanz hervorbringen; vgl. J. Ossanna, H. Graner und F. Hofmann, Deutsche Patentschrift 603 160 (Patent erloschen).

Digitized by Google

lich über die 200 kV-Leitungen vollzieht. Um die Kurzschlußleistungen möglichst klein zu halten, wird man diese Zwischenumspanner zweckmäßigerweise in mehrere Einheiten unterteilen, von denen im allgemeinen nur eine dauernd in Betrieb ist, während die übrigen bei Bedarf, d. h. vor allem bei Ausfall anderer Kuppelleitungen, von Hand oder selbsttätig zugeschaltet werden.

Da diese Zwischenumspanner die Kopplung loser machen und damit unvermeidlicherweise die Stabilität der Übertragung herabsetzen, erhöhen sie die Anforderungen an die Maschinenregelung. Denn wenn der äußere Zusammenhalt des Netzes verringert wird, muß die Regelung für einen um so stärkeren inneren Zusammenhalt sorgen. Dies gilt, wie sich zeigen wird, für die Regelung der Maschinenbelastungen und der Energieströmung im Netz ebenso sehr wie für die Spannungsregelung, deren Aufgaben beim Verbundbetrieb erst kürzlich ausführlich behandelt worden sind[3]), so daß im folgenden nicht näher auf sie eingegangen zu werden braucht.

Ausschlaggebend für den Aufbau des Reichsnetzes, d. h. die Netzgestaltung, sind die wehrwirtschaftlichen Forderungen. Die elektrische Energieversorgung hat für die heutige und noch mehr für die zukünftige Kriegsführung eine solche Bedeutung, daß demgegenüber die Interessen der Gesellschaften oder Körperschaften, in deren Besitz sich die einzelnen Netze oder Netzgruppen befinden, unbedingt zurücktreten müssen. Das Reichsnetz sollte so aufgebaut sein, als ob es einem einzigen Besitzer, der deutschen Volksgemeinschaft, gehörte.

Für den Betrieb des Reichsnetzes brauchen dagegen gleich strenge Bedingungen nicht aufgestellt zu werden. Denn der Netzbetrieb kann, wenn die nötigen Vorbereitungen getroffen sind, in verhältnismäßig kurzer Zeit vom friedensmäßigen auf den kriegsmäßigen Zustand gebracht werden, sofern der friedensmäßige Betrieb, was natürlich das beste wäre, nicht an sich schon den Anforderungen der Kriegswirtschaft entspricht. Es liegt deshalb kein Grund vor, von vornherein zu verlangen, daß auch beim Betrieb des Reichsnetzes die Besitzverhältnisse und die Besitzgrenzen keine Rolle spielen dürfen. Es kann vielmehr von großem Nutzen für die Allgemeinheit sein, wenn die Einzelunternehmungen ihre volle Selbständigkeit behalten und das freie Spiel der Kräfte, das die deutsche Elektrizitätswirtschaft groß gemacht hat, auch weiterhin erhalten bleibt. Dies liegt auch im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes. Das Reichsnetz muß aber jederzeit so betrieben werden können, wie wenn es einem einzigen Besitzer gehörte.

Bisher verwendete Betriebsverfahren.

Bis vor noch nicht langer Zeit hat der Drehzahl- oder Frequenzregler mit nachgiebiger Rückführung oder mit einem Meßwerk für die Änderungsgeschwindigkeit der Drehzahl (Frequenz) den Ansprüchen des praktischen Netzbetriebs genügt. Das Drehzahlregelverfahren wird sogar gelegentlich als das „klassische" Betriebsverfahren bezeichnet. Erst seit die Netze sich immer mehr ausdehnten und namentlich seit der Verbundbetrieb immer größere Ausmaße annahm, befriedigte das Drehzahlregelverfahren nicht mehr voll, und man begann, nach anderen Reglern und Regelverfahren Umschau zu halten. Liegt dies daran, daß die Netze durch Ausbau und Zusammenschluß immer größer wurden oder etwa nur daran, daß die zusammengeschlossenen Netze verschiedenen Gesellschaften gehören, die die Austauschleistungen regeln wollen, um sie einfacher miteinander abrechnen zu können? Zum Teil ist das letztere der Fall, zu einem wesentlichen Teile ist aber das Bedürfnis nach neuen Regelverfahren auf Unzulänglichkeiten des Drehzahlregelverfahrens zurückzuführen, die um so stärker in Erscheinung treten, je größer die Netze werden.

Der eine Mangel des Drehzahlregelverfahrens ist bekanntlich der, daß ein befriedigendes Zusammenarbeiten mehrerer isodromierter Drehzahlregler nicht möglich ist, und man daher, wenn man die Frequenz genau auf ihrem Sollwert halten will, einer Maschine im Gesamtnetz die Frequenzhaltung übertragen muß, womit diese Maschine, wenigstens theoretisch, auch alle Laständerungen zu decken hat. Der zweite Mangel des Drehzahlregelverfahrens ist der, daß man damit nicht erreichen kann, daß die Laständerungen örtlich gedeckt werden, weil Frequenzänderungen zwar alle Störungen des Gleichgewichts zwischen Energiezufuhr und -entnahme im Gesamtnetz rasch erkennen lassen, aber keinen Anhalt darüber geben, an welcher Stelle im Netz sie entstanden sind. Es ist von vornherein klar, daß diese Mängel um so mehr in Erscheinung treten müssen, je größer die Netze werden, und daß zumal beim Reichsnetz mit seiner Flächenausdehnung von rd. 800 km im Geviert, auch wenn es einheitlich betrieben und verwaltet werden würde, die Frequenzhaltung nicht einer einzelnen Maschine allein anvertraut werden kann, und bei der Ausregelung der Laständerungen der Ort ihres Auftretens nicht unberücksichtigt bleiben darf.

Der erste der beiden angeführten Mängel des Drehzahlregelverfahrens läßt sich verhältnismäßig einfach mit Hilfe von Gleichlaufsteuerungen, übergeordneten elektrischen Frequenzregeleinrichtungen und insbesondere durch Überlagerung einer Gang- oder Uhrzeitregelung über die Drehzahlregelung beseitigen, und tatsächlich sind auch alle diese Mittel in den letzten Jahren da und dort schon in den praktischen Betrieb eingeführt worden. Mit Hilfe von Gleichlaufsteuerungen und übergeordneten Frequenzregeleinrichtungen kann man mehrere Maschinen zu einer Maschinengruppe zusammenfassen. Da man aber hierzu Steuerleitungen zwischen den Maschinen oder von der gemeinsamen Regeleinrichtung zu den Maschinen hin braucht, haben diese Verfahren hauptsächlich nur für die Zusammenfassung der Maschinen eines Kraftwerks zu einer Maschinengruppe oder allenfalls mehrerer nicht allzuweit von einander entfernt liegender Kraftwerke zu einer Kraftwerksgruppe Bedeutung.

Dagegen gestattet die Gangregelung ohne allzu großen Aufwand eine beliebige Zahl über das ganze Reichsnetzgebiet verteilter Frequenzmaschinen zu befriedigendem Zusammenarbeiten zu bringen. Man benützt dabei bekanntlich den Gangunterschied zwischen genau gehenden Normaluhren oder, allgemeiner ausgedrückt, Taktgebern und an das Netz angeschlossenen Synchronuhren, der im ganzen Netz der gleiche ist und überall gemessen werden kann, und steuert danach die einzelnen Maschinen so, daß jedem Wert des Gangunterschiedes eine bestimmte Leistung kennlinienmäßig zugeordnet wird. Es handelt sich also dabei um grundsätzlich die gleiche Art der Lastverteilung, wie sie seit langem bei der Drehzahlregelung gebräuchlich ist, nur eben mit dem Unterschied, daß an Stelle der Drehzahlkennlinien Gangkennlinien, also kennlinienmäßige Beziehungen zwischen dem Gangunterschied und der Maschinenleistung, treten. Der Gangunterschied wird dabei je nach der Neigung der Kennlinien innerhalb eines gewissen Spiels konstant gehalten und damit wird auch die Frequenz immer wieder sehr genau auf ihren Sollwert gebracht. Denn jede, auch die allerkleinste Frequenzabweichung ruft im Laufe kürzerer oder längerer Zeit eine Änderung des Gangunterschieds hervor und veranlaßt dadurch die ganggeregelten Maschinen zur Beseitigung des Frequenzfehlers durch Erhöhung oder Verringerung der Leistungszufuhr in das Netz. Allerdings arbeitet die Gangregelung ihrer Natur nach langsam. Ein Frequenzfehler von 1 ‰ ruft erst nach

[3]) A. Einsele, Anforderungen des Verbundbetriebes an die Erregung und Spannungsregelung großer Generatoren. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 145.

Digitized by Google

1000 s, also erst nach etwa einer Viertelstunde eine Gangabweichung von 1 s, d. h. bei der Frequenz von 50 Hz von 50 Perioden hervor. Man muß also sehr genau gehende Uhren oder Taktgeber verwenden, wenn man beispielsweise die innerhalb einer Minute auflaufenden, sehr geringen Gangunterschiede noch messen und danach die Regler steuern will. Tatsächlich gelingt dies mit Hilfe von Röhrengeneratoren, Stimmgabelsendern oder Quarzuhren als Taktgebern, da diese eine außerordentlich große Gangkonstanz aufweisen. Man kann damit, ohne zu verwickelte Regeleinrichtungen zu bekommen, durch gleichzeitige Frequenz- und Gangregelung erreichen, daß auch recht kleine Frequenzfehler doch wenigstens nach einer halben Minute oder einer Minute ausgeregelt und die Laständerungen, die sie verursacht haben, auf die ganggeregelten Maschinen nach Maßgabe ihrer Gangkennlinien verteilt werden.

Welchen Wert hat nun dieses, in Amerika und England entwickelte, nach dem Erfinder „System Warren"[4]) genannte Verfahren für den Betrieb des Reichsnetzes? Es stellt dem Drehzahlregelverfahren gegenüber unbestreitbar eine Verbesserung dar, ohne daß zu seiner Durchführung Fernmeß- und -steuerleitungen erforderlich wären, was besonders im Hinblick auf den Betrieb im Kriege ein sehr beachtenswerter Vorzug ist. Am Gangunterschied kann man aber ebensowenig wie an der Frequenz erkennen, wo eine Laständerung im Netz angefallen ist. Wenn man also eine größere Zahl von ganggeregelten Maschinen oder Maschinengruppen, z. B. 10, über das ganze Reichsnetzgebiet verteilt, um die Frequenzhaltung auf eine breite Grundlage zu stellen, so werden alle Laständerungen im Gesamtnetz unabhängig davon, wo sie auftreten, nach den Kennlinien zunächst von den drehzahlgeregelten Maschinen und dann hinterher von den 10 ganggeregelten Werken übernommen. In Wirklichkeit wird sich allerdings die Lastverteilung nicht genau nach den Kennlinien vollziehen, sondern es werden auch die Ungleichheiten der Regler untereinander, die Stellungen, in denen ihre Steuerwerke jeweils gerade stehen, usw. eine Rolle spielen. Da aber dabei das meiste vom Zufall abhängt, ändert dies nach der Wahrscheinlichkeit nichts daran, daß die Laständerungen im Mittel unabhängig vom Ort ihrer Entstehung auf das ganze Reichsnetzgebiet verteilt werden.

Wenn also irgendwo im Reichsnetz ein Abnehmer beispielsweise einen Motor einschaltet, so wird dessen Leistungsbedarf nur zu einem ganz verschwindenden Teil an Ort und Stelle gedeckt, der größte Teil davon kommt von weither und wird durchschnittlich über vielleicht 400 km Entfernung übertragen. Das ist selbstverständlich durchaus nicht erwünscht, und deshalb haben wir auch die gleichmäßige Lastverteilung als Mangel des Drehzahlregelverfahrens bezeichnet. Aber die Sache sieht doch wesentlich anders aus, wenn wir statt an eine so kleine Laständerung an den plötzlichen Ausfall eines Kraftwerks mit 50 oder 100 MW denken. Denn wenn diese 50 oder 100 MW dann aus allen Teilen des Reiches zufließen, so bedeutet dies eine sehr willkommene Hilfe, obwohl es in solchen Störungsfällen häufig genügen würde und auch zweckmäßiger wäre, wenn nur die Maschinen in einem mehr oder weniger weiten Umkreis von der Störungsstelle eingreifen und den Ausfall übernehmen würden, indem sie ihre (gewöhnlich im Bereich des besten Wirkungsgrades liegende) Leistungsabgabe bis zur Grenzleistung erhöhen.

Die gleichmäßige Lastverteilung ist somit nicht unter allen Umständen ein Mangel. In manchen Fällen verwirklicht sie vielmehr gerade das Prinzip, auf das wir bei unserem Reichsnetz ganz besonderen Wert legen, die stete Einsatzbereitschaft aller für das Ganze. Die richtige Lösung besteht darin, Laständerungen in erster Linie von Maschinen oder Kraftwerken in der Nähe des Lastanfallpunktes und erst, wenn diese nicht mehr ausreichen, von weiter entfernt liegenden Maschinen übernehmen zu lassen, und zwar am besten nach Maßgabe ihrer Entfernung vom Lastanfallpunkt, im äußersten Notfall aber von allen Maschinen im ganzen Reichsnetz zusammen.

Dies ist nicht nur aus wirtschaftlichen Gründen, zur Verringerung der Übertragungsverluste, erforderlich, sondern auch mit Rücksicht auf die Belastung der Leitungen. Gleichmäßige Verteilung der im Netz anfallenden Laständerungen auf die Maschinen bedeutet schwankende Energieströme in den Netzleitungen, da sich der Belastungsausgleich über die Leitungen vollzieht. Festhalten der Laständerungen an Ort und Stelle oder in der Nähe der Lastanfallpunkte bedeutet genaue oder annähernde Konstanthaltung der Leistungsflüsse in den Leitungen oder allgemeiner ausgedrückt Festhalten eines bestimmten Energieströmungsfeldes im Gesamtleitungsnetz. Es ist nun freilich gerade mit ein Zweck des Verbundbetriebs, einen Ausgleich zwischen den verschiedenartigen Netzbelastungen herbeizuführen. Wenn aber einmal durch Zusammenfassung der Versorgung eines größeren Gebietes eine bestimmte Durchmischung des Verbrauches erreicht ist, so bringt die gleichmäßige Verteilung der Gesamtbelastung bei weiterem Zusammenschluß von Netzen zu immer ausgedehnteren Netzgebilden für die Vergleichmäßigung der Gesamtbelastungskurve nicht mehr viel, während anderseits die damit verbundenen Energieübertragungsverluste wegen der größeren durchschnittlichen Übertragungswege stark anwachsen. Mit zunehmender Ausdehnung und namentlich auch Vermaschung der Netze wird ferner der Verlauf der Energieströmung immer unübersichtlicher und die Gefahr, daß die Leistungsflüsse in den Leitungen unvorhergesehene Schwankungen erfahren, immer größer. Je mehr man deshalb, um die Vorteile des Verbundbetriebs voll auszuschöpfen, bis an die Belastbarkeits- und Stabilitätsgrenze der Leitungen gehen will, desto besser muß man die Energieströmung im Netz überwachen und beherrschen können, damit bei außergewöhnlichen Betriebsvorfällen, wie z. B. dem plötzlichen Ausfall eines großen Kraftwerks, die einzelnen Netzteile oder Netze nicht außer Tritt fallen und aufgetrennt werden, und der Verbundbetrieb damit gerade im entscheidenden Augenblick versagt.

Der nächstliegende Weg, um die Energieströmung in einem so großen Netzgebilde wie dem Reichsnetz zu überwachen und zu beherrschen, ist die restlose Aufteilung des Gesamtnetzgebietes in Bezirke, an deren Grenzen in alle nach außen führenden Leitungen Leistungsmeßwerke eingebaut werden. Die algebraischen Summen der über die Grenzen dieser Bezirke hinaus- oder hereinfließenden Leistungen ergeben die Leistungsein- und -ausfuhren der Bezirke. Der Gesamtbedarf innerhalb jedes Bezirks ist gleich der Leistungsabgabe aller Maschinen und Kraftwerke des Bezirks zuzüglich der Einfuhr oder abzüglich der Ausfuhr.

Wenn man mit Hilfe von Fernmeßeinrichtungen die Ein- und Ausfuhren der Bezirke unmittelbar anzeigen und aufschreiben läßt, wie dies heute in großen Netzen vielfach schon geschieht, so kann man an diesen Ein- und Ausfuhrzeigern ablesen, wieviel Leistung jeder Bezirk augenblicklich mehr erzeugt, als er benötigt, oder umgekehrt. Die Gesamterzeugung aller Erzeugerbezirke ist immer genau gleich dem Gesamtbedarf aller Verbraucherbezirke, was schon daraus hervorgeht, daß der Leistungsfluß an jeder Grenzstelle zwischen zwei Bezirken in der Gesamtsumme jeweils doppelt erscheint, einmal als Einfuhranteil des einen und dann als Ausfuhranteil des anderen Bezirks.

Trägt man in eine Karte des Reichsnetzgebietes diese Bezirke mit ihren jeweiligen Ein- und Ausfuhren ein, so kann man daran die Energieströmung im Reichsnetz bereits in ihrem wesentlichen Verlauf übersehen. Durch Unterteilung der Bezirke in Unterbezirke und gegebenen-

[4]) H. E. Warren, Amerikanische Patentschrift 1 483 536.

Digitized by Google

falls durch weitere Unterteilung dieser Unterbezirke kann man die Energieströmung beliebig genau erfassen. Nebenbei bemerkt läßt sich das gleiche Verfahren mit Vorteil auch auf die Blindleistung anwenden, doch kann auf die Frage der Blindleistungsregelung hier nicht näher eingegangen werden.

Ohne eine solche Aufteilung des Reichsnetzgebietes in Bezirke und gegebenenfalls Unterbezirke und die laufende Überwachung ihrer Ein- und Ausfuhren wird man das Reichsnetz auch bei einheitlicher Verwaltung kaum betreiben können, und zwar allein schon deshalb, weil man nur so feststellen kann, wie sich der jeweilige Energiebezug der Verbraucher über das Gesamtgebiet verteilt, die erste und wichtigste Voraussetzung für eine planmäßige Betriebsführung. Denn nur so kann man den Maschineneinsatz richtig vorausbestimmen, d. h. festlegen, wie durch In- und Außerbetriebnahme von Maschinen die großen Laständerungen, das Ansteigen der Belastung am Morgen, die Mittagssenke, die Abendspitze usw. in groben Stufen bewältigt werden sollen und wie damit die Energieströmung im Reichsnetz in großen Zügen verlaufen soll. Es ist klar, daß diese Aufgabe um so schwieriger und wichtiger wird, je größer die Netze werden. Denn die Zahl der Möglichkeiten zur Deckung einer bestimmten Netzbelastung wächst mit der Größe der Netze, und in der geschickten Ausnützung dieser Möglichkeiten liegt gerade einer der Hauptvorteile der Verbundwirtschaft.

Wenn man diesen Vorteil voll ausnützen und vor allem den Betrieb des Reichsnetzes im Kriege unter allen Umständen geschlossen durchhalten will, so genügt die Überwachung und grobe Beherrschung der Energieströmung durch den Maschineneinsatz allein nicht mehr. Man braucht vielmehr s e l b s t t ä t i g e R e g e l e i n r i c h t u n g e n, die ein bestimmtes gewolltes Strömungsfeld einstellen und festhalten. Hierzu müssen die Ein- und Ausfuhren der Bezirke und gegebenenfalls auch der Unterbezirke im ordnungsmäßig laufenden Betrieb selbsttätig auf den dafür vorgesehenen Werten gehalten werden und die Regler müssen weiterhin dafür sorgen, daß sich dieses Strömungsfeld auch bei schweren Störungen möglichst wenig verschiebt.

Damit hat sich ergeben, daß das Reichsnetz, wenn es einem einzigen Besitzer gehören und einheitlich verwaltet und betrieben werden würde, grundsätzlich die gleiche Gliederung oder den gleichen Aufbau und dieselben Regeleinrichtungen erhalten müßte, wie wenn es durch Zusammenschluß selbständiger Netze zustande kommt und auch als Verband selbständiger Netze betrieben wird. Im einen Fall sind die Grenzen zwischen den Teilnetzen das mehr oder weniger zufällige Ergebnis der bisherigen Entwicklung und die Konstanthaltung der Ein- und Ausfuhren wird in erster Linie mit Rücksicht auf eine möglichst einfache Abrechnung der gegenseitigen Energielieferungen, also gewissermaßen zur Abgrenzung der Teile gegeneinander, gefordert. Im anderen Fall wird man die Grenzen nach reinen Zweckmäßigkeitsüberlegungen festsetzen und die Ein- und Ausfuhren den höheren Gesichtspunkten des Ganzen entsprechend zur möglichst vollkommenen Beherrschung der Energieströmung im Gesamtnetz konstant halten. Diese Unterschiede sind aber nicht von Belang, zumal es im ersten Fall letzten Endes auch auf die Beherrschung der Energieströmung im Gesamtnetz ankommt und es im zweiten Fall ebenfalls sehr erwünscht ist, wenn die Bezirksnetze über ihre Betriebsführung genau Rechnung legen können, wie dies auch auf anderen Gebieten der öffentlichen Verwaltung, z. B. bei den Reichsbahndirektionen, geschieht. Man kommt also zu dem erfreulichen Ergebnis, daß man das Reichsnetz mit Hilfe einer in geeigneter Weise mit der Frequenz- und gegebenenfalls auch der Gangregelung vereinigten Ein- und Ausfuhr- oder Energieströmungsregelung im Frieden als Verband selbständiger Netze betreiben kann, ohne daß für den Kriegsfall Änderungen an den Betriebseinrichtungen oder sonstige Umstellungen wesentlicher Art erforderlich wären, da man die Betriebsführung nötigenfalls leicht straffer zusammenfassen oder auch einer einheitlichen Leitung unterstellen kann.

Die zweckmäßigsten Regel- und Steuerverfahren für das Reichsnetz.

Solange die Netze noch klein waren, bestand — von der Spannungsregelung abgesehen — die Aufgabe der Regelung im wesentlichen nur darin, für eine mehr oder weniger genaue Drehzahl- oder Frequenzregelung und damit zugleich für die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts zwischen Leistungszufuhr in das Netz und Leistungsentnahme aus dem Netz zu sorgen. Die Regelung der Energieströmung im Netz spielte nur eine untergeordnete Rolle. Im einfachsten Falle eines Netzes, das nur aus einem einzigen Erzeugermaschinensatz und einer Leitung zu den Verbrauchern hin besteht, gibt es diese Aufgabe überhaupt nicht; die Richtung der Energieströmung liegt hier ein für allemal fest. Je größer aber die Flächenausdehnung der Netze wird, desto wichtiger wird die Regelung der Energieströmung in ihnen und die eigentliche Hauptaufgabe der heutigen Netzregelung besteht in der möglichst widerspruchslosen Vereinigung der Energieströmungsregelung mit der Leistungsgleichgewichts- und Frequenzregelung.

Im Laufe der letzten 10 Jahre ist eine ganze Reihe von Vorschlägen zur Lösung dieser Aufgabe gemacht worden[5]). Der bekannteste davon, der auch da und dort in den praktischen Betrieb eingeführt worden ist, ist die sogenannte F a h r p l a n s t e u e r u n g, bei der einem der Teilnetze eines Netzverbandes die Frequenzhaltung übertragen wird, während die übrigen Teilnetze ihre Ein- und Ausfuhren konstant halten. Mag dieses Verfahren auch in einfach gelagerten Fällen ganz gute Dienste leisten, so ist es doch für das Reichsnetz nicht brauchbar, weil es die Frequenz- und die Ein- und Ausfuhrregelung getrennt behandelt. Die ein- und ausfuhrregelnden Netze beharren ohne Rücksicht auf den jeweiligen Wert der Frequenz auf ihren Ein- und Ausfuhren, halten also an dem einmal eingestellten Strömungsfeld fest, auch wenn das Gleichgewicht im Gesamtnetz gestört ist. Die Sorge dafür bleibt dem frequenzhaltenden Netz überlassen. Die ein- und ausfuhrregelnden Netze unterstützen dieses nur mittelbar, insofern als sie die innerhalb ihrer Grenzen anfallenden Laständerungen decken. Die Unzulänglichkeit der Fahrplansteuerung wurde deshalb auch in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten immer wieder festgestellt[6]).

Wirklich befriedigende Lösungen bilden dagegen zwei andere Verfahren, die beide in Deutschland ausgearbeitet worden sind, das N e t z k e n n l i n i e n v e r f a h r e n, das gelegentlich auch Fahrplan-Frequenz-Verfahren, kombinierte Frequenz- und Übergabeleistungsregelung, statische Austauschleistungsregelung usw. genannt wird, und das R i c h t v e k t o r v e r f a h r e n.

Die Richtvektorregelung[7]) ist das höherwertige Verfahren; es erfordert aber auch hoch entwickelte Mittel zu seiner Durchführung. Da die Zeit zu seiner Einführung in den praktischen Betrieb heute noch nicht ganz reif ist, braucht hier nur sein Grundgedanke kurz angedeutet zu werden. Er besteht darin, die Energieströmung im Netz mit Hilfe der Voreilwinkel der Netzspannungsvektoren gegenüber einem mit vollkommen gleichmäßiger Geschwindigkeit umlaufenden Richtvektor zu regeln. Diesen Winkel kann man gewissermaßen als das Potential der Energieströmung im Netz ansehen; denn bekanntlich

---

[5]) Vgl. u. a. H. Latzko u. O. Plechl, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 47 (1929) S. 791, J. Leonpacher, ETZ 50 (1929) S. 887. H. Piloty, ETZ 50 (1929) S. 985. K. Ott, VDE-Fachber. (1931) S. 131. W. Stäblein, VDE-Fachber. (1931) S. 127. W. Kieser, Elektrizitätswirtsch. 31 (1932) S. 479.

[6]) Vgl. u. a. W. Fleischer, CIGRE-Bericht 1935. A. Menge, Z. VDI 80 (1936) S. 1409. E. Krohne, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 1.

[7]) Deutsche Patentschriften 590 440 der Siemens-Schuckertwerke (Patent erloschen) und 642 677, 650 839, 645 293, 654 241, 645 889 und 676 752 von J. Ossanna, H. Graner und F. Hofmann (Gem. § 14 PG z. allg. Benutzung freigegeben).

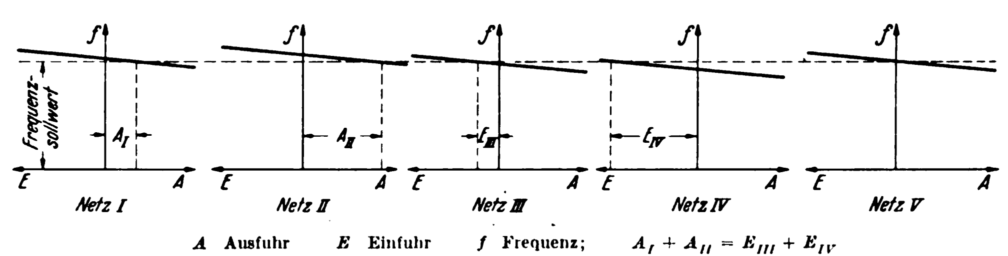
Digitized by Google

fließt die Wirkleistung im Netz von den Punkten größerer Voreilung des Netzvektors zu den Punkten kleinerer Voreilung. Der Winkelunterschied zwischen den Netzspannungsvektoren und dem Richtvektor ist nichts anderes als ein außerordentlich verfeinerter, auch die innere Verwindung des Netzes erfassender Gangunterschied und wie dieser das Zeitintegral der Frequenzabweichung vom Sollwert. Man sieht hieraus schon, daß die Richtvektorregelung die Regelung der Energieströmung im Netz in vollkommenster Weise mit der Leistungsgleichgewichts- und Frequenzregelung vereinigt.

Schwierig ist dagegen die genügend genaue Übertragung des Richtvektors über das Gesamtnetzgebiet zu den Reglern hin oder statt dessen die örtlich getrennte Erzeugung hinreichend genau miteinander übereinstimmender Richtvektoren bei den einzelnen Reglern mit Hilfe von Quarzuhren. Immerhin würde die Ganggenauigkeit der in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt entwickelten Quarzuhren[8]) heute schon gerade ausreichen, um Richtvektoren mit praktisch genügender gegenseitiger Übereinstimmung örtlich getrennt voneinander zu erzeugen. Es ist deshalb zu erwarten, daß man in absehbarer Zeit doch zur Richtvektorregelung kommen wird, und zwar, wie noch kurz gezeigt werden wird, einfach durch eine immer weitere Verfeinerung der Gangregelung und der dabei verwendeten Uhren.

Während die Richtvektorregelung somit das Potential der Energieströmung regelt, erfaßt das Netzkennlinienverfahren die Energieströmung unmittelbar in der bereits beschriebenen Weise durch Regelung der Ein- und Ausfuhren der Teil- oder Bezirksnetze. Dabei hat man zwei verschiedene Arten von Netzkennlinienverfahren zu unterscheiden, nämlich das einfache Netzkennlinienverfahren, das eine Vereinigung der Leistungsgleichgewichts- und Frequenzregelung mit der Ein- und Ausfuhrregelung darstellt, und das Netz-Gangkennlinienverfahren, bei dem noch eine Gangregelung hinzukommt[9]).

Der Grundgedanke des Netzkennlinienverfahrens besteht darin, die Teil- oder Bezirksnetze Frequenz/Ein- und Ausfuhrkennlinien bzw. Gangunterschied/Ein- und Ausfuhrkennlinien einregeln zu lassen, die eben als Netzkennlinien, und zwar als einfache Netzkennlinien bzw. als Netz-Gangkennlinien bezeichnet werden. Nach diesen Netzkennlinien arbeiten die Netze in ähnlicher Weise zusammen wie einzelne Maschinen nach ihren Frequenz/(Drehzahl)/Leistungskennlinien bzw. Gangunterschieds/Leistungskennlinien. Dabei entspricht der Leistungsabgabe der Maschinensätze die Leistungsausfuhr der Netze. Im Gegensatz zu den Verhältnissen bei einzelnen Maschinen erstrecken sich aber bei den Netzen die Kennlinien auch auf den Bereich der Leistungsaufnahme, d. h. der Leistungseinfuhr. Denn während einzelne Maschinen gewöhnlich nur in sehr beschränktem Maße, zur Deckung der Leerlaufverluste, Leistung aufnehmen können, kann bei den Netzen die Einfuhr ebenso groß sein wie die Ausfuhr. Man hätte also beim Vergleich etwa an Maschinensätze zu denken, die sowohl generatorisch als auch motorisch arbeiten können, die also beispielsweise aus einer Synchronmaschine und einer je nach Bedarf als Turbine oder als Pumpe arbeitenden hydraulischen Maschine bestehen. Diese Vergleiche zwischen dem Verhalten von Maschinen und Netzen gelten aber nur für den Endzustand nach jedem Regelvorgang, wenn die Kennlinien eingehalten sind; während der Regelung selbst sind die Verhältnisse wesentlich verschieden voneinander. Man darf auch die Netzkennlinien nicht etwa mit der Summenkennlinie der Maschinen eines Netzes verwechseln. Zweckmäßigerweise wird jedoch die Neigung einer Netzkennlinie der Neigung der Summenkennlinie der Maschinen des betreffenden Netzes angepaßt, so daß die Netzkennlinien gewöhnlich wesentlich flacher liegen als sie der Übersichtlichkeit halber in Abb. 1 dargestellt sind.



A Ausfuhr E Einfuhr f Frequenz; $A_I + A_{II} = E_{III} + E_{IV}$

Abb. 1. Steuerung eines Netzverbandes von 5 Netzen nach dem Netzkennlinienverfahren.

Mit der Einregelung dieser Netzkennlinien werden in den Teilnetzen Führermaschinen oder -kraftwerke oder auch Gruppen von Führermaschinen oder -kraftwerken beauftragt. Diese werden, im allgemeinen über Fernsteuereinrichtungen, von Netzkennlinien-Regeleinrichtungen gesteuert, d. h. von Regeleinrichtungen, die zugleich unter dem Einfluß der Frequenz und gegebenenfalls des Gangunterschieds und der Ein- und Ausfuhr ihres Teil- oder Bezirksnetzes stehen und kennlinienmäßige Beziehungen zwischen diesen Größen einregeln.

Abb. 1 zeigt für das einfache Netzkennlinienverfahren, wie durch das Zusammenwirken der Teilnetze sowohl der Frequenzsollwert als auch die beabsichtigten Ein- und Ausfuhren zustande kommen. Dabei ist der Einfachheit halber angenommen, daß das Reichsnetz nur aus fünf Teilnetzen I bis V bestehe, von denen I und II Leistung an III und IV liefern, V dagegen weder Ein- noch Ausfuhr haben soll. Da die Summe aller Ein- und Ausfuhren stets Null ist, stellt sich derjenige Frequenzwert ein, bei dem auch die Summe aller durch die Netzkennlinien vorgeschriebenen Ein- und Ausfuhren gleich Null ist. Denn läge bei den gleichen Ein- und Ausfuhren die Frequenz niedriger, so wären die Einfuhren größer und die Ausfuhren kleiner als es die Netzkennlinien vorschreiben, und infolgedessen würden in allen Teilnetzen die Führermaschinen zur Erhöhung ihrer Leistungsabgaben veranlaßt, so daß die Frequenz rasch steigt. Umgekehrt würden bei zu hoher Frequenz alle Führermaschinen ihre Leistungsabgabe verringern und so für schnelles Absinken der Frequenz sorgen. Schon diese Überlegung zeigt, daß die Regelung stabil ist, und die nähere Untersuchung bestätigt dies[10]). Bei richtiger Einstellung der Netzkennlinien werden nach jeder irgendwo im Reichsnetz aufgetretenen Verbrauchsänderung immer wieder der Sollwert der Frequenz (50 Hz) und die vorgeschriebenen oder

[8]) A. Scheibe und U. Adelsberger, Physik. Z. 33 (1932) S. 835, Ann. Phys., Lpz. 18 (1933) S. 1 und Hochfrequenztechn. 43 (1934) S. 37.

[9]) J. Ossanna, H. Graner und F. Hofmann, Deutsche Patentschrift 634 025 mit Zusätzen. (Gem. § 14 PG z. allg. Benutzung freigegeben). H. Graner und F. Hofmann, Deutsche Patentschrift 671 358 mit Zusätzen. (Gem. § 14 PG z. allg. Benutzung freigegeben). H. Graner, ETZ 55 (1934) S. 1069, wo sich weitere Schrifttumsangaben finden. W. Stäblein, Die Technik der Fernwirkanlagen (Oldenbourg 1934) S. 108 f. G. Meiners, CIGRE-Bericht 1935. W. Fleischer, CIGRE-Bericht 1935. J. Fallou, Bull. Soc. franç. Électr. 5. Serie, Bd. 6 (1936) S. 461. G. Darrieus, Bull. Soc. franç. Électr. 5, Serie. Bd. 6 (1936) S. 501. G. Kraft, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 124. W. Fleischer, Z. VDI 80 (1936) S. 1243. R. Ailleret, J. Vignes, M. Bouffart, CIGRE-Berichte 1937 (Auszüge in Elektrotechn. u. Masch.-Bau 55 (1937) S. 575 und ETZ 59 (1938) S. 289). H. Wierer, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 158 und Bull. schweizer. elektrotechn. Ver. 28 (1937) S. 552. G. Darrieus, Bull. schweizer. elektrotechn. Ver. 28 (1937) S. 525. D. Gaden und E. Volet, Bull. schweizer. elektrotechn. Ver. 28 (1937) S. 559. J. Fallou, J. Labouret, G. Darrieus und F. Cahen, Bull. Soc. franç. Électr. 5. Serie, Bd. 7 (1937) S. 143. (Auszug in Elektrotechnische Berichte Bd. 2, S. 249.) M. Schleicher, Elektrizitäts-Wirtsch. 36 (1937) S. 437. C. Krecke, ETZ 58 (1937) S. 869. Bericht über Vortrag Dr.-Ing. Adolph ETZ 59 (1938) S. 1016. J. Fallou, Rev. gén. Électr. 43 (1938) S. 67 (Auszug in ETZ 59 (1938) S. 744). Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 124.

[10]) H. Graner, Beiträge zur Theorie der Netzregelung, Diss. T. H. München 1935.

Digitized by Google

zwischen den Teilnetzen vereinbarten Ein- und Ausfuhren eingeregelt. Alle Teilnetze tragen damit gleichermaßen zu der Gemeinschaftsaufgabe der Aufrechterhaltung des Leistungsgleichgewichts im Gesamtnetz und zur Frequenzhaltung bei und sorgen, indem sie die innerhalb ihrer Grenzen anfallenden Laständerungen selbst decken, zugleich auch alle zusammen dafür, daß sich das einmal eingestellte Energieströmungsfeld im Gesamtnetz nur wenig oder gar nicht verschiebt. Es ist also eine vollständige Vereinigung der Leistungsgleichgewichts- und Frequenzregelung mit der Energieströmungsregelung erreicht.

Gerät eines der Teilnetze, beispielsweise infolge Ausfalls eines großen Kraftwerks, in Schwierigkeiten, so daß seine Führermaschinen oder -kraftwerke auch bei Höchstleistungsabgabe die Netzkennlinie nicht mehr einhalten können, so wird es von allen anderen Netzen sofort nach Maßgabe der Netzkennlinien unterstützt. Die Frequenz sinkt ein klein wenig ab und jedes der anderen Netze steuert durch Verzicht auf einen Teil seiner Einfuhr oder durch Erhöhung der Ausfuhr zur Deckung des Ausfalls in dem von der Störung betroffenen Netz bei. Dies alles vollzieht sich nach den Netzkennlinien in streng geregelter Weise, so daß sich auch bei schweren Störungen das Energieströmungsfeld nicht mehr als unbedingt notwendig verschiebt und keine Gefahr des Außertrittfallens infolge von Energiependelungen entsteht.

Um die geringfügigen, in solchen Störungsfällen auftretenden Frequenzabweichungen auch noch zu beseitigen, um ferner die unvermeidlichen kleinen Meßfehler und Einstellungenauigkeiten der Netzkennlinienregler auszugleichen und um schließlich für richtige Zeitangabe der an das Netz angeschlossenen Synchronuhren zu sorgen, verwendet man zweckmäßigerweise statt des an Hand von Abb. 1 beschriebenen einfachen Netzkennlinienverfahrens das Netz-Gangkennlinienverfahren, bei dem die Führerkraftwerke der Teilnetze kennlinienmäßige und durch Kennflächen darstellbare Beziehungen zwischen den drei Größen Frequenz, Gangunterschied und Ein- und Ausfuhr einregeln. Da die Einregelung des Gangunterschieds naturgemäß langsamer vor sich geht als die der Frequenz, spielt sich beim Netz-Gangkennlinienverfahren ein Regelvorgang zunächst fast genau so ab wie beim einfachen Netzkennlinienverfahren, und man kann sich den weiteren Verlauf am besten so vorstellen, daß die einfachen Netzkennlinien in allen Teilnetzen in Abhängigkeit vom Gangunterschied nachträglich um ein gleichgroßes Stück nach oben oder unten hin verschoben werden. Im Endzustand treten dann an Stelle der einfachen Netzkennlinien die Netzgangkennlinien, für deren Zusammenwirken sinngemäß ganz Entsprechendes wie für die einfachen Netzkennlinien gilt. Der Frequenzsollwert wird dabei auf dem Wege über den Gangunterschied auch in Störungsfällen ganz genau eingeregelt, und die Netzuhren zeigen bis auf Sekunden genau richtige Zeit.

Hieraus geht schon hervor, wie vollkommen sich der Betrieb des Reichsnetzes mit Hilfe des Netzkennlinienverfahrens gestalten läßt. Tatsächlich hat auch das Netzkennlinienverfahren überall da, wo es bisher erprobt worden ist, alle Erwartungen voll erfüllt. Im übrigen ist seine Anwendung keineswegs nur auf den an Hand von Abb. 1 beschriebenen Fall beschränkt. Wie schon gesagt, können vielmehr die Teilnetze selbst wieder unterteilt werden, und vor allem können mit dem Netzkennlinienverfahren auch einzelne Netzteile wie Überland- oder städtische Netze, industrielle Kraftanlagen, Kraftwerksgruppen usw. so betrieben werden, daß sie zwar mit dem Gesamtnetz verbunden, aber trotzdem Herr im eigenen Hause sind. Sie können nach Wunsch eine ganz bestimmte, sehr genau konstant bleibende Leistung aus dem Gesamtnetz beziehen oder an dieses abgeben und natürlich auch die Austauschleistung Null einstellen. Wenn aber aus irgendeinem Grund die Leistungsfähigkeit ihrer eigenen Maschinen nicht mehr ausreicht, fließt ihnen die fehlende Leistung sofort über ihren Anschluß zu, und wenn umgekehrt im Reichsnetz einmal Leistungsknappheit eintreten sollte, so setzen auch sie sich augenblicklich mit für das Ganze ein.

Abb. 2 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Netz-Gangkennlinien-Regeleinrichtung, die die ihr unterstellten Maschinen oder Kraftwerke mittels einer Steuerfrequenz fernsteuert[11]). Die bislang — beispielsweise bei der Fahrplansteuerung — meistens angewendete Art der Fernsteuerung mit Hilfe von Steuerimpulsen ist höheren Ansprüchen nicht gewachsen, da sie zu langsam arbeitet und da sie die Maschinen nur unvollkommen beherrscht. Demgegenüber hat die Fernsteuerung mit Hilfe einer Steuerfrequenz die großen Vorteile, nicht nur sehr rasch und sehr genau zu arbeiten, sondern vor allem auch den Maschinen bestimmte Stellungen ihres Leistungssteuers (Drosselklappe, Leitapparat usw.) und damit bestimmte

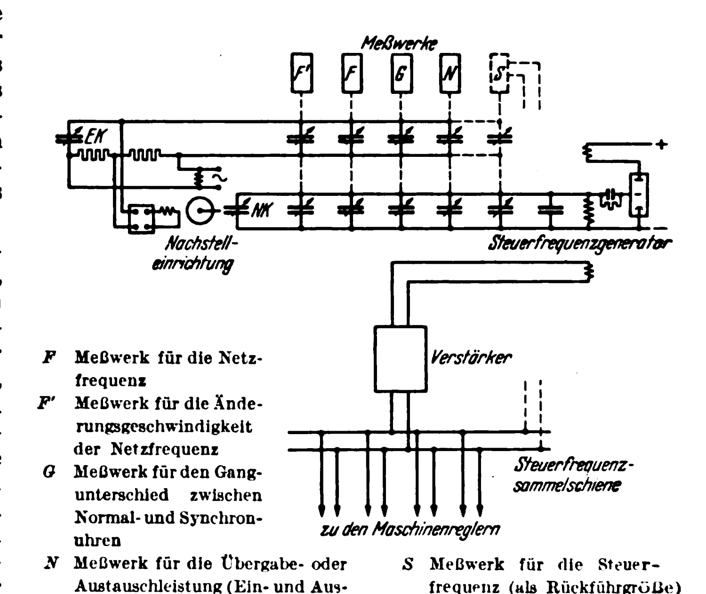


Abb. 2. Netz-Gangkennlinien-Regeleinrichtung zur Fernsteuerung der Maschinenregler mittels einer Steuerfrequenz.

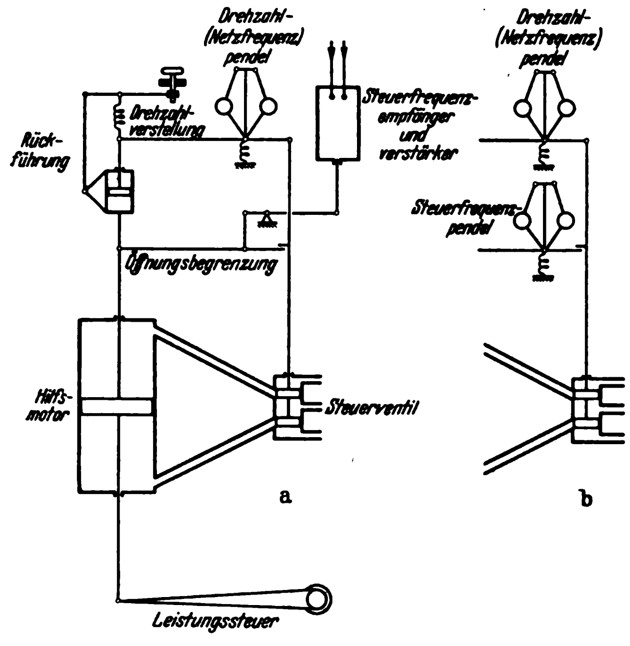
Leistungsabgaben vorzuschreiben, so daß sie alle zusammen, auch wenn sie örtlich weit voneinander und von der übergeordneten Regeleinrichtung entfernt sind, wie eine einzige, von der Regeleinrichtung unmittelbar gesteuerte Einheit arbeiten. Die Steuerfrequenz wird bei der Regeleinrichtung nach Abb. 2 von einem schematisch dargestellten Röhrengenerator erzeugt und über einen Verstärker zu den Maschinenreglern hin fernübertragen. In den Schwingungskreis des Steuerfrequenzgenerators sind kleine Drehkondensatoren eingeschaltet, die auf den Achsen der Meßwerke für die Frequenz (*F*), den Gangunterschied (*G*), die Ein- oder Ausfuhr oder die Übergabe- oder Austauschleistung (*N*), die Änderungsgeschwindigkeit der Frequenz (*F'*) und gegebenenfalls auch die Steuerfrequenz (*S*) selbst (als Rückführgröße) sitzen, und die, wenn sie verdreht werden, einen anderen Steuerfrequenzwert einstellen. Außerdem ist auf jeder Meßwerksachse jeweils noch ein weiterer Drehkondensator angebracht, und in den Schwingungskreis des Steuerfrequenzgenerators ist ebenfalls noch ein weiterer Drehkondensator (*NK*) eingeschaltet, der durch eine Nachstelleinrichtung (als Nullmotor ausgebildete Ferrarisscheibe) verdreht wird, und zwar über eine Brückenschaltung jeweils so lange, bis die Gesamtkapazität der Meß-

[11]) Vgl. hierzu und zum folgenden: H. Graner u. F. Hofmann, Deutsche Patentanmeldungen 0.22 236, 0.22 506 und G 98 632 nebst Zusätzen (gem. § 14 GP z. allg. Benutzung freigegeben).

Digitized by Google

werkskondensatoren gleich der Kapazität eines von Hand einstellbaren Einstellkondensators (*EK*) geworden ist. Die ganze Regeleinrichtung verändert also nach jeder Zustandsänderung im Netz die Steuerfrequenz und damit die Leistungsabgabe der von ihr gesteuerten Maschinen so lange, bis die Summe der Meßwerksausschläge den durch den Einstellkondensator vorgeschriebenen Wert angenommen hat, d. h. bis die Netz-Gangkennlinie eingeregelt ist[12]).

Es bedarf nur einer Verdrehung des Knopfes an dem Einstellkondensator um einige Teilstriche, um die Kennlinie um ein bestimmtes Stück zu heben oder zu senken. Wenn in irgend zwei Teilnetzen des Reichsnetzes gemäß

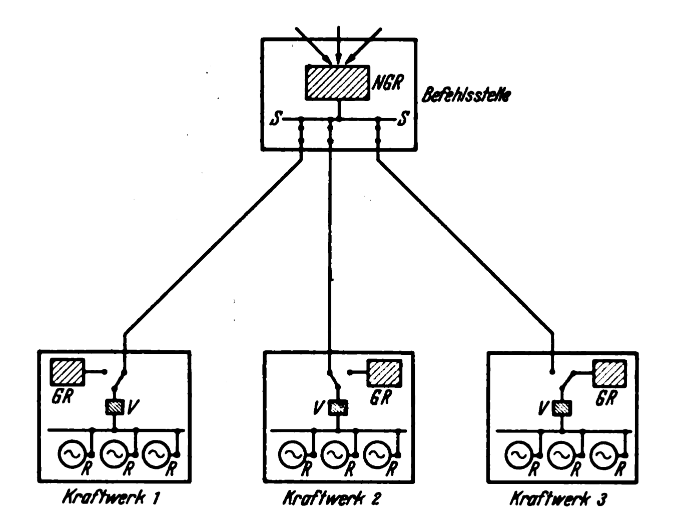


a vorhandener Maschinenregler mit Zusatzeinrichtung *b* Neuausführung

Abb. 3. Durch Steuerfrequenz ferneinstellbarer Maschinenregler.

vertraglicher Festlegung oder fernmündlicher Vereinbarung oder Anordnung einer Zentralstelle gleichzeitig die Einstellknöpfe im entgegengesetzten Sinne um das gleiche Maß verdreht werden, so fließt Sekunden später ein Energiestrom von genau entsprechender Größe von dem einen zum anderen Netz, und zwar von selbst auf dem Wege, auf dem der geringste Verlust entsteht, und ohne daß sich die Frequenz und der Gangunterschied ändern. Soweit der Energiestrom dabei durch andere Teilnetze hindurchfließt, werden die Übertragungsverluste von diesen Netzen gedeckt, doch kann man dank der Genauigkeit, mit der die Ein- und Ausfuhren eingehalten werden, durch entsprechende Einstellung der Netzkennlinien auch erreichen, daß die beiden beteiligten Netze allein für die Verluste aufkommen. Es besteht auch die Möglichkeit, das Reichsnetz mit dem Netzkennlinienverfahren so zu betreiben, daß die 100 kV-seitig miteinander gekuppelten oder voneinander getrennten 100 kV-Netze die Verluste in dem überlagerten 200 kV-Netz zusammen tragen, doch kann auf diese und weitere Einzelheiten hier nicht näher eingegangen werden.

Abb. 3 zeigt zwei Möglichkeiten (*a* und *b*), wie man die Drehzahlregler der von der Netz-Gangkennlinien-Regeleinrichtung ferngesteuerten Maschinen durch die Steuerfrequenz einstellen lassen kann. Dies geschieht am besten über die Öffnungsbegrenzungsvorrichtung, die in Abb. 3 durch eine Querverbindung zwischen Rückführstange und Steuerventilstange und einen Anschlag schematisch dargestellt ist. Damit erreicht man zunächst einmal, daß die nachgiebige Rückführung mit ihrer verhältnismäßig langen Einstellzeit ausgeschaltet ist, was sehr wichtig ist, da es bekanntlich bei jeder Regelung vor allem auf Schnelligkeit ankommt. Im Falle von Abb. 3 a wird die Öffnungsbegrenzung des als vorhanden angenommenen Drehzahlreglers etwa durch einen kleinen zusätzlichen Drehzahl- oder Frequenzregler mit hydraulischer Verstärkung eingestellt, dessen Pendel oder elektrisches Frequenzmeßwerk von der Steuerfrequenz aus angetrieben oder gespeist wird. In Abb. 3 b, die man sich nach Abb. 3 a ergänzt zu denken hat, ist angedeutet, wie ein neuer Regler gleich mit zwei Pendeln, einem für die Netzfrequenz oder die Maschinendrehzahl und einem auf die Öffnungsbegrenzung einwirkenden für die Steuerfrequenz auszuführen wäre. In beiden Fällen ist das Netzfrequenz- oder Drehzahlpendel an die Öffnungsbegrenzung gelegt, und die Leistungssteuerstellung wird somit, solange die Netzfrequenz einen bestimmten, etwas über der



NGR	Netz-Gangkennlinien-Regeleinrichtung	*GR*	Frequenz-Gang-Regeleinrichtung
S	Steuerfrequenzsammelschiene	*V*	Verstärker für die Steuerfrequenz
		R	Maschinenregler

Abb. 4. Schema der Regel- und Steuereinrichtungen für ein Teil- oder Bezirksnetz des Reichsnetzes.

Sollfrequenz liegenden Wert nicht übersteigt, allein durch die Steuerfrequenz bestimmt. Der Regler ist dann nur noch ein Vollzugsorgan für die Befehle der übergeordneten Netz-Gangkennlinien-Regeleinrichtung. Man kann aber den Regler durch Abschalten der Steuerfrequenz jederzeit wieder zu einem vollwertigen Regler machen, und bei Ausbleiben der Steuerfrequenz oder bei Abtrennung der Maschine vom Netz verhindert das Netzfrequenz- oder Drehzahlpendel auch ganz von selbst ein unzulässiges Ansteigen der Drehzahl.

Abb. 4 soll schließlich noch den grundsätzlichen Aufbau der Regel- und Steuereinrichtungen für ein Teil- oder Bezirksnetz des Reichsnetzes zeigen, wobei angenommen ist, daß drei Kraftwerke mit je drei Maschinensätzen wahlweise oder alle zusammen als Führerkraftwerke von der in der Befehlsstelle des Netzes aufgestellten Netz-Gangkennlinien-Regeleinrichtung ferngesteuert werden sollen. Je größer die Gesamtleistungsfähigkeit der Führermaschinengruppe ist, desto weniger machen die Belastungsänderungen innerhalb des Teil- oder Bezirksnetzes, die die Führermaschinen zur Einhaltung der Netz-Gangkennlinie übernehmen müssen, für die einzelnen

[12]) Grundsätzlich entspricht der Aufbau dieser Regeleinrichtung dem eines Drehzahlreglers, bei dem das Pendel über ein Reibradgetriebe als Isodrom- oder Nachstelleinrichtung auf einen Verstärker (z. B. Servomotor mit Rückführung) einwirkt, der das Maschinensteuer in die vom Pendel und Reibradgetriebe vorgeschriebenen Stellungen bringt. Man könnte die Regeleinrichtung aber auch ohne Nachstelleinrichtung ausführen, und zwar beispielsweise in der Weise, daß man die Änderungsgeschwindigkeit der Steuerfrequenz der Summe der Meßwerksausschläge verhältnisgleich macht.

Digitized by Google

Maschinen aus, und desto leichter kann man erreichen, daß sie immer innerhalb des Bereiches des besten Wirkungsgrades arbeiten. Die Netz-Gangkennlinien-Regeleinrichtung (*NGR*) in der Befehlsstelle (schraffiertes Rechteck mit drei Pfeilen zur Versinnbildlichung der Fernmeßeinrichtungen für die über die Netzgrenzen nach außen oder von außen herein fließenden Austauschleistungen) gibt ihre Befehle in Form der Steuerfrequenz über eine Steuerfrequenzsammelschiene (*S*) und geeignete Fernübertragungskanäle an die Kraftwerke und dort bei entsprechender Stellung eines Umschalters über einen Steuerfrequenzverstärker (*V*) an die Regler (*R*) der Maschinensätze. In den Kraftwerken sind außerdem noch gewöhnliche Frequenz-Gangregeleinrichtungen (*GR*) aufgestellt, deren Steuerfrequenz den Maschinenreglern über die Umschalter und Verstärker wahlweise statt der von der Befehlsstelle kommenden Steuerfrequenz zugeleitet werden kann.

Man kann also die Kraftwerke entweder als Führerkraftwerke betreiben oder einfache Gangkennlinien, d. h. kennlinienmäßige Beziehungen zwischen dem Gangunterschied und ihrer eigenen Leistungsabgabe, einregeln lassen. Im letzteren Falle greifen sie zur Unterstützung der Führerkraftwerke nur dann ein, wenn der Gangunterschied von seinem Sollwert abweicht und damit erkennen läßt, daß irgendwo im Reichsnetz eine größere Störung eingetreten ist. Die Gangregeleinrichtungen in den Kraftwerken geben weiterhin die Möglichkeit, falls die Netz-Gangkennlinien-Regeleinrichtung in der Befehlsstelle oder die Fernübertragungseinrichtungen für die Steuerfrequenz gestört sind, auf die bereits besprochene Betriebsart „System Warren" für das Reichsnetz zurückzugreifen. Wesentlich ist auch, daß die Uhren oder Taktgeber, mit denen der Gangunterschied gemessen wird, dadurch eine außerordentlich genaue Messung der Netzfrequenz ermöglichen, daß man nicht die Netzfrequenz selbst, sondern ihren Schlupf gegen die konstante Taktfrequenz mißt, ein Verfahren, das man selbstverständlich auch bei den Netz-Gangkennlinien-Regeleinrichtungen in den Befehlsstellen anwenden wird. Schließlich dienen die Gangregeleinrichtungen in den Kraftwerken auch zur Vorbereitung für den späteren Übergang zur Richtvektorregelung. Man braucht hierzu nur die Uhren oder Taktgeber durch Quarzuhren höchster Ganggenauigkeit zu ersetzen und Vorkehrungen zu treffen, daß diese mit Hilfe der schon heute täglich vom Deutschlandsender gesendeten Normalfrequenzen der Quarzuhren in der Technisch-Physikalischen Reichsanstalt überwacht werden können.

Zusammenfassung.

In großen Umrissen wurde geschildert, wie man den Betrieb des Reichsnetzes nach einem einheitlichen und ganz auf die deutschen Verhältnisse zugeschnittenen Plan so gestalten kann, daß das Reichsnetz allen Anforderungen auf weite Sicht gewachsen ist und auch den schwersten Beanspruchungen standhält. Man sollte die Zentralisation, wie dies beim englischen Gridsystem der Fall ist, nicht zu weit treiben; denn die Abhängigkeit des ganzen Betriebes von e i n e r Stelle dürfte ihre großen Gefahren haben. Es ist immer ein Fehler, mehr als unbedingt notwendig von einer Stelle aus regeln zu wollen, statt der Verantwortungsfreudigkeit der örtlichen Stellen und ihrem besseren Einblick in die örtlichen Verhältnisse möglichst viel zu überlassen. Wir werden zwar voraussichtlich auch nicht ohne Reichsbefehlsstelle auskommen[13]), doch wird diese wie der Dirigent bei einem gut eingespielten Orchester nicht viel einzugreifen brauchen, weil alle Teile schon von selbst in der richtigen Weise zusammenwirken. Ihre volle Selbständigkeit bewahrend, aber doch immer zu sofortigem Einsatz für das Ganze bereit, tragen sie alle ohne Unterschied von sich aus zur Gestaltung des Gemeinschaftsbetriebes bei. Das gibt die beste Gewähr für die Verwirklichung der idealen Verbundwirtschaft in unserem Reichsnetz.

[13]) Diese ist inzwischen eingesetzt worden: ETZ 60 (1939) H. 39, S. 1144.

Phasenwinkelüberwachung bei Verbundnetzen[1]).

DK 621.311.161

Durch das Zusammenschalten großer Netzsysteme treten infolge auseinander liegender Spannungswinkel beträchtliche Ausgleichleistungen auf, die den Parallelbetrieb erschweren. Um einen einwandfreien Verbundbetrieb zu ermöglichen, wurden bisher Längs- und Querumspanner an den Kuppelstellen eingebaut, worüber bereits mehrfach berichtet wurde[2]). In den V. S. Amerika wurde im nordwestlichen pazifischen Versorgungsgebiet, das aus den Montana-Elektrizitätswerken, der Washingtoner Wasserkraftgesellschaft und anderen angeschlossenen Werken mit über 1000 MW ausgebauter Leistung und einem beträchtlichen Anteil Wasserkraft besteht, seit Ende 1936 ein neues Verfahren mit selbsttätiger Phasenwinkelregelung zum Zwecke günstiger Lastverteilung und wirtschaftlicher Ausnutzung von Kraftübertragungsleitungen erprobt, wobei Trägerstrom-Fernmessung und Vergleich der Winkelwerte der gekuppelten Systeme angewendet wird. Das gesamte Verbundsystem entwickelte sich aus kleineren Anfängen heraus durch weiteren Ausbau und Zusammenschließung mehrerer Netze, die durch 110 und 66 kV-Leitungen sowie Zwischenverbindungen gekuppelt sind. Die Abnehmergruppen bedingen zeitweise beträchtliche Laststöße, so daß die anfängliche Handregelung bald den Anforderungen nicht mehr genügte. Die nächste Verbesserung bildete die Regelung mit Hilfe von Trägerstrom-Fernmeßeinrichtungen, wodurch das Wasserkraftwerk Morony nach Bedarf eingesetzt werden konnte. Aus diesem Betrieb heraus wurde die selbsttätige Phasenwinkelüberwachung und Regelung entwickelt, die auf der Phasenwinkelmessung der zu kuppelnden Spannungen beruht und selbsttätig den Winkelwert der zuzuschaltenden Generatoreinheiten auf den gewünschten Wert innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen bringt. Die eigens dafür entwickelte Trägerstrom-Fernmeßeinrichtung besteht aus dem Sende- und Empfangsgerät, die jeweils am Verwendungsort in stahlblechgekapselten Gehäusen untergebracht sind. Die Entfernung zwischen Sender und Empfänger beträgt rd. 740 km; sie arbeiten im Frequenzbereich von 50 bis 150 kHz und sind an die 110 kV-Leitung über drei in Reihe geschaltetete Kondensatoren mit einer Gesamtkapazität von 0,00133 μF angeschaltet. Der Sender hat 150 W modulierte Ausgangsleistung, der Empfänger besteht aus einem Detektor und zweistufigem Widerstandsverstärker mit 1 W Ausgangsleistung. Die grundsätzliche Überwachungseinrichtung für Phasenwinkel-, Frequenz- und Leistungskontrolle, die im Wasserkraftwerk Morony eingebaut wurde, besteht insgesamt aus einem handbetätigten Phasenschieber, einem Phasenwinkelschreiber mit selbsttätiger Anzeige, einem Frequenzkontrollgerät, einem Leistungsüberwachungszeiger und einem Frequenzschreiber. Diese Geräte arbeiten in entsprechender Weise zusammen. Der Meßkreis des Phasenwinkelschreibers hat eine Brückenschaltung mit selbsttätiger Nullabgleichung zur Grundlage, durch deren Betätigung auf die Regeleinrichtung eingewirkt wird; dabei sind Kontaktgalvanometer und Schleifdrähte verwendet. Aufbau und Ausführung der Meßeinrichtung sind übersichtlich. Der Betrieb verlief seit etwa zwei Jahren einwandfrei. Aufgenommene Meßstreifen lassen die günstige Lastverteilung an den Regeldiagrammen erkennen, so daß sich die Lastverteilung mit Hilfe der selbsttätigen Phasenwinkelmessung und Abgleichung bewährt hat. In dem Meinungsaustausch wird auf die Vorteile der Anordnung für die verschiedenen Betriebsfälle hingewiesen, wobei vor allem die selbsttätige Arbeitsweise dieser Regeleinrichtung und ihre anpaßbare Empfindlichkeit hervorgehoben wird. *Tsch.*

[1]) Nach R. E. P i e r c e u. B. W. H a m i l t o n, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect., S. 83; 10½ S., 12 Abb.

[2]) W. J. Lymann u. J. T. Mercereau, Electr. J. 35 (1938) S. 375; N. J. Lymann u. J. R. North, Electr. Engng. 57 (1938) Trans. Sect., S. 579.

Digitized by Google

Ein zeitgenauer Maximumschreiber hoher Meßgenauigkeit.

Von W. Kesseldorfer VDE und W. Schneider, Berlin.

DK 621.317.785.5

Übersicht. Nach einem allgemeinen Überblick über den Verwendungsbereich der bisher gebräuchlichen Meßgeräte zur Anzeige und Registrierung des durchschnittlichen Höchstverbrauchs wird ein neuer Maximumschreiber beschrieben, der durch die Verwendung einer Synchronuhr mit Gangreserve zeitgenau arbeitet, durch Anwendung besonderer Mittel höchste Meßgenauigkeit und genaue Ablesung gewährleistet und mit Hilfe von zwei Dreifach-Umschaltvorrichtungen die Verwendung für täglichen, wöchentlichen und monatlichen Umlauf einerseits und für drei verschiedene Meßbereiche anderseits gestattet.

Die Verrechnung der auf jeden Abnehmer entfallenden Bereitstellungskosten der elektrischen Energie mit Hilfe des Höchstverbrauchtarifs kann als bekannt vorausgesetzt werden. Sie wird seit rd. 40 Jahren angewendet, zuerst mit Hilfe des Wrightschen thermischen Höchstverbrauchmeßrohres[1]), seit Anfang dieses Jahrhunderts jedoch vorwiegend mit Hilfe des Höchstverbrauch-Maximumzählers, dessen Zählwerke mechanisch vom Zähler angetrieben werden[2]). Durch einen Schleppzeiger, der alle viertel, halben oder vollen Stunden in seine Nullage zurückgeführt wird, wird ein Höchstverbrauchzeiger weitergeschoben, sofern die durchschnittliche in der Anlage vorhandene Belastung so hoch ist, daß der Schleppzeiger bis an den Höchstverbrauchzeiger herankommt. Die viertel-, halb- oder stündliche Auslösung des Schleppzeigers wird durch eine Uhr oder durch ein Zeitlaufwerk (z. B. Ferrarislaufwerk) bewirkt (vgl. Abb. 1).

Im allgemeinen hat sich der Höchstverbrauchzähler in dieser Ausführung in der Praxis gut bewährt. Es kann aber doch zeitweilig zu recht unliebsamen Auseinandersetzungen zwischen Abnehmer und Lieferer der elektrischen Energie kommen, die im Prinzip des Zählers selbst begründet sind, daß ein einziger durchschnittlicher, z. B. viertelstündlicher Höchstverbrauch von rd. 3000 monatlichen durchschnittlichen Verbrauchen bestimmend ist für die Berechnung des Grundpreises für einen ganzen Monat oder gar für ein ganzes Jahr. Große Werke forderten deshalb ein registrierendes Instrument, das es gestattet, einen Überblick über alle auftretenden durchschnittlichen Teilbelastungen zu gewinnen. Gegenüber den in der Folge benutzten registrierenden Wattmetern, schreibenden Höchstverbrauchzählern[2]), Maximumdruckern und den photographisch arbeitenden Geräten[2]) ist das beschriebene Gerät besonders bequem in der Auswertung und zeichnet sich vor allem durch seine Übersichtlichkeit aus, die es dem Abnehmer gestattet, sich jederzeit von den Belastungsverhältnissen in seiner Anlage ein richtiges Bild zu machen.

Deshalb wurde vor etwa vier Jahren ein Maximumschreiber[2]) konstruiert, der die durchschnittlichen Höchstverbrauchwerte auf einer Wachsdiagrammscheibe registrierte. Da zur einwandfreien sicheren Führung des Schreibarmes doch verhältnismäßig große mechanische Kräfte erforderlich sind, wurde für diesen Schreiber die indirekte Steuerung durch einen vom Zähler zu betätigenden Kontakt gewählt. Dadurch wird begreiflicherweise der Zähler auch vom Hauptteil der zur Aufzeichnung der Durchschnittsverbräuche zu leistenden Arbeit entlastet. Dieser Maximumschreiber hat sich im allgemeinen bewährt und war insbesondere für Betriebskontrollen geeignet. Für diese Zwecke wird er zweifellos auch weiterhin verwendet werden. Für die Kontrolle in den Abnehmeranlagen aber war er deshalb nicht restlos geeignet, weil er nicht zeitgenau arbeiten konnte. Da nämlich nicht bloß der Vorschub des Schreibarmes, sondern auch der Vorschub der Registrierscheibe durch elektromagnetische Relais betätigt wurde, blieb bei Ausbleiben der Spannung die Registrierscheibe, die gleichzeitig die Zeitscheibe darstellt, stehen und rückte erst wieder weiter vor, wenn die

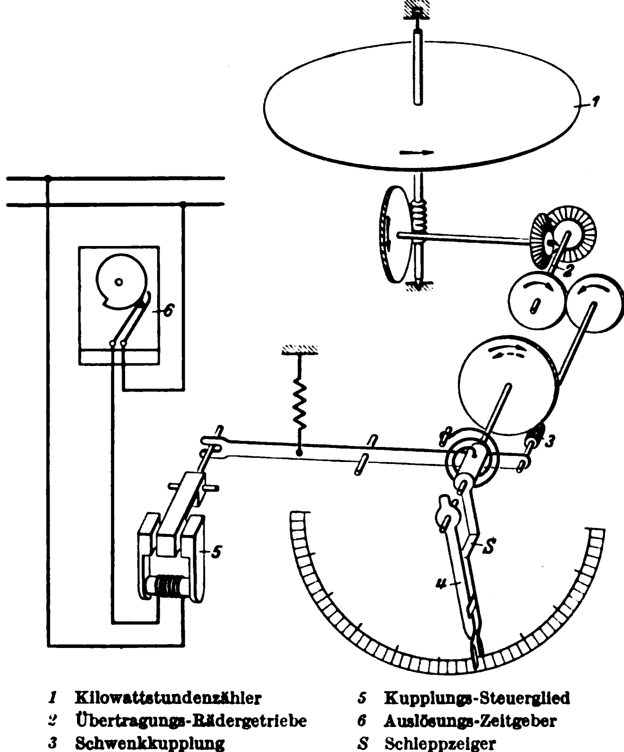


Abb. 1. Schematische Darstellung des Maximum-Zeigerwerks.

Spannung wiederkam. Nun stimmte natürlich die auf der Registrierscheibe durch die Stellung des Schreibarmes angezeigte Zeit nicht mehr mit der wirklichen Zeit überein. Auch einige andere Wünsche im Hinblick auf eine bequemere und zweckmäßigere Handhabung dieses Apparates ließen es geraten erscheinen, den Apparat auf ganz anderen Grundlagen völlig neu aufzubauen. Der unter Berücksichtigung aller berechtigten Wünsche der Verbraucher neu aufgebaute Apparat soll im folgenden kurz beschrieben werden:

Zur Erleichterung des Verständnisses greifen wir zu diesem Zweck auf die schematische Darstellung des Maximum-Zeigerzählwerkes der Abb. 1 zurück, dem die schematische Darstellung des neuen Maximumschreibers der Abb. 2 angepaßt ist. Da nämlich beide auf demselben Grundprinzip der mechanischen Erfassung des durchschnittlichen höchsten Verbrauchs einer Registrierperiode fußen, so müssen sich auch die gleichen konstruktiven Bausteine in beiden vorfinden, die nur entsprechend dem verschiedenen Verwendungszweck verschieden ausgebildet sind. Diese sechs Grundbausteine sind folgende:

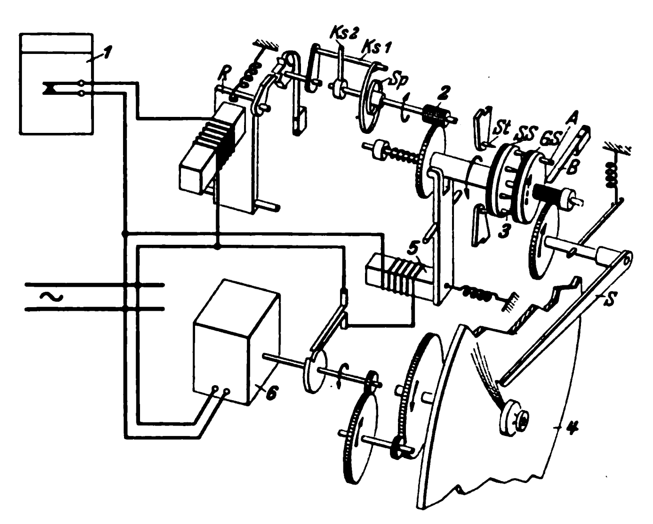
1. Ein Triebwerk, dessen Geschwindigkeit in jedem Augenblick der in der Anlage herrschenden Leistung proportional ist. Dieses Triebwerk ist in beiden Fällen durch

[1]) A. Königswerther, Elektrizitätszähler, 2. Aufl., S. 324, Verlagsbuchh. Dr. Max Jänecke, Leipzig, 1914 und ETZ 46 (1925) S. 589.
[2]) G. Paul, Die Elektrizitätszähler, S. 118, Franckh'sche Verlagshdlg, Stuttgart, 1938.

Digitized by Google

den Kilowattstundenzähler *1* dargestellt, nur mit dem Unterschied, daß dieser beim Zeigerwerk das Mittelglied *2* unmittelbar antreibt, während er es beim Schreiber mittelbar über eine Kontaktgabevorrichtung *K* und das Klink-Schaltrelais *R* antreibt.

2. Das Mittelglied *2*, das die Aufgabe hat, die während einer Registrierperiode verbrauchte Energie aufzusummieren und in einen diesem Verbrauch proportionalen Vorschub zu übersetzen. Beim Zeigerwerk besteht es aus einem Rädergetriebe, welches in einem Schleppzeiger *S* endigt; beim Schreiber finden wir dasselbe Rädergetriebe, welches aber dem Zweck entsprechend in dem Schreibarm *S* endigt.



1	Kilowattstundenzähler mit Kontaktgeber	*Ks 1, Ks 2*	Kupplungsstifte
2	Übertragungs-Rädergetriebe	*R*	Schubklinken-Relais
3	Scheibenkupplung	*S*	Schreibarm
4	Diagrammscheibe	*Sp*	Speicherfeder
5	Kupplungssteuerglied	*SS, GS*	Stachel- und Gummischeibe der Scheibenkupplung
6	Synchrongeregelte Unruhuhr	*St*	Haltestacheln
A	Anschlagstift		
B	Blattfeder		

Abb. 2. Schematische Darstellung des Maximum-Schreibers.

3. Die auslösbare Kupplung *3* für den Schleppzeiger *S* des Zeigerwerks bzw. den Schreibarm *S* des Schreibers. Sie ist ein sehr wichtiges Glied des ganzen Triebwerkes und wird in beiden Fällen meist durch ein Relais betätigt, das von einer Uhr oder einem Laufwerk gesteuert wird.

4. Der eigentliche Maximumanzeiger, der beim Zeigerwerk durch den Maximumzeiger *4* dargestellt ist, beim Schreiber aber durch die Diagrammscheibe *4*, auf welcher der Schreibarm seine Linien eingräbt.

5. Das Steuerglied *5*, welches die auslösbare Kupplung *3* betätigt. Es ist beim Zeigerwerk ebenso wie beim Schreiber durch den Anker eines elektromagnetischen Relais dargestellt.

6. Schließlich noch der Zeitgeber *6* für die Auslöseperiode, der beim Zeigerwerk eine Synchronuhr, ein Zeitlaufwerk oder eine Gangregleruhr sein kann, beim Schreiber jedoch durch eine synchrongeregelte Unruhuhr mit Reservegang dargestellt ist.

Wir können nun auf die Einzelheiten der Konstruktion näher eingehen:

a) Bei der Inangriffnahme des Entwurfs war zunächst klar, daß der Schreiber nur dann wirklich zeitgenau arbeiten kann, wenn er mit einer Auslöseuhr ausgestattet ist, die eine ausreichende Gangreserve besitzt, um alle Betriebsstörungen überbrücken zu können. Es wurde eine synchron-geregelte Unruhganguhr gewählt, die in den Apparat miteingebaut ist. Die Uhr ist zunächst erforderlich, um die Diagrammscheibe (Zeitscheibe) stetig und zeitgenau anzutreiben, und zwar auch dann, wenn die Spannung wegbleibt. Diese Zeitscheibe hat aber nur einmal an einem Tage, in einer Woche oder in einem Monat eine volle Umdrehung auszuführen; die erforderliche Leistung ist also gering. Die Uhr wird durch eine Feder für eine 36stündige Gangdauer angetrieben; die Unruh besitzt lediglich die Besonderheit, daß sie durch einen kleinen selbstanlaufenden Synchronmotor geregelt wird, so daß der Gang der Uhr streng an die Netzfrequenz gebunden ist.

b) Selbstverständlich wird der Synchronmotor nebenbei noch zum Aufzug der Gangreservefeder herangezogen. Dieser Uhr kann aber berechtigterweise auch noch zugemutet werden, alle viertel, halben oder vollen Stunden einen Kontakt leichtester Bauart für einen ganz geringen Strom zu schließen und ihn nach wenigen Sekunden wieder zu öffnen.

c) Nicht mehr ganz so selbstverständlich war der Entschluß, die Uhr von der Arbeit des Entkuppelns des Schreibarmes zu entlasten, um es ihr zu ermöglichen, ihre beiden anderen Funktionen dauernd mit einem großen Sicherheitsfaktor zu erfüllen. Wir müssen zur Begründung der Einführung eines Relais zur Betätigung der lösbaren Kupplung des Schreibarms auf diese selbst etwas näher eingehen. Beim Maximumzeigerwerk wird diese lösbare Kupplung gewöhnlich durch das bekannte Schwenkritzel dargestellt (ein Ritzel oder Trieb kleinen Durchmessers, das auf eine Welle aufgekeilt ist, die an dem einen Ende fest, jedoch mit reichlichem Spiel gelagert ist, deren andere Lagerstelle jedoch in mäßigen Grenzen, etwa um 1 bis 2 mm, verstellbar angeordnet ist, wie aus der schematischen Abb. 1 zu ersehen ist.) Das Schwenkritzel ist vom Doppeltarifwerk her seit Jahrzehnten bekannt. Es lag zunächst nahe, für den Schreiber genau dieselbe Anordnung als lösbare Kupplung zu wählen, die wegen ihres geringen Kraftbedarfs ohne weiteres auch unmittelbar von der Uhr hätte betätigt werden können. Zwei Gründe waren maßgebend, anstatt dieser Anordnung eine andere zu wählen. Einmal ist es ganz unvermeidlich, daß durch das nicht genaue Einfallen des Schwenkritzels in das von ihm angetriebene Rad auch Ungenauigkeiten in die Messung hineinkommen. Man sucht diese Ungenauigkeiten durch die Anwendung sehr kleiner Ritzel auf das geringstmögliche Maß zurückzuführen. Ganz vermeiden kann man sie aber nicht. Zweitens wäre es bei Anwendung des Schwenkritzels nicht möglich gewesen, die wünschenswerte Speicherung der während der Auslösezeit vom Kilowattstundenzähler her ankommenden Impulse vorzunehmen. Dazu war eine Speicherfeder erforderlich, deren Anwendung mit dem Schwenkritzel einfach unvereinbar war. Sie erforderte vielmehr eine axial ausrückbare Kupplung, die zur Sicherung ihrer Kraftschlüssigkeit eine verhältnismäßig kräftige Kupplungsfeder benötigt. Zur Überwindung dieser Federkraft reicht aber die Kraft der Unruhuhr in den letzten Stunden ihres Ganges lediglich aus der Gangreserve heraus nicht mehr mit Sicherheit aus. Aus diesem Grunde mußte für die Kupplungsauslösung ein elektromagnetisches Relais zu Hilfe genommen werden, wie es übrigens doch auch bei den meisten Maximumzeigerwerken angewendet wird. Nur mußte es etwas stärker bemessen werden, da die zu leistende Arbeit eine größere ist.

Die Kupplung wurde mit Hilfe einer mit Stacheln versehenen in axialer Richtung verschiebbaren Scheibe *SS* ausgeführt, die einer mit einer Gummischeibe belegten gleich großen Metallscheibe *GS* gegenübersteht. Während der wenigen Sekunden der Auslösung der Kupplung wird die verschiebbare Scheibe *SS* durch die festverlegten Stacheln *St* festgehalten. Die Speicherfeder *Sp* hat bei eingekuppelter Kupplung lediglich die Aufgabe, den Kraftschluß der beiden kreuzweise aufeinander liegenden Kupplungsstifte *Ks 1* und *Ks 2* zu sichern. Jetzt aber, da der Stift *Ks 2* festgehalten wird, löst sich der Stift *Ks 1* von ihm, wenn inzwischen Impulse ankommen, und spannt die Speicherfeder *Sp*. Im Augenblick des Wiedereinrückens

Digitized by Google

der Kupplung 3, wenn der Stromkreis des Relais 5 wieder geschlossen wird, entlädt sich die Speicherfeder ruckartig, bis der Stift *Ks 2* auf *Ks 1* wieder kraftschlüssig aufliegt. Die während der Auslösung angekommenen Impulse werden also in die jeweils folgende Meßperiode einbezogen. Die Blattfeder *B*, gegen die sich der Anschlagstift *A* beim Rückfallen des Schreibarmes legt, hebt die schädliche Zahnluft des Rädergetriebes auf. Es war dadurch ein weiterer Schritt getan zur Erhöhung der Meßgenauigkeit des Schreibers.

d) Es sind nun noch einige konstruktive Maßnahmen kurz zu besprechen, welche teils im Hinblick auf eine erhöhte Ablesegenauigkeit und Bequemlichkeit, teils aber im Hinblick darauf getroffen wurden, das Gerät möglichst vielfach verwendbar zu machen. Der nutzbare Durchmesser der Diagrammscheibe wurde auf 164 mm gebracht, also nahezu das Doppelte des Maßes des ursprünglichen Maximumschreibers. Freilich mußte dafür in Kauf genommen werden, daß es nun nicht mehr möglich war, den Kilowattstundenzähler in einem Gehäuse zusammen mit dem Schreiber unterzubringen. Dagegen ist selbstverständlich die synchron-geregelte Unruhuhr in das Gehäuse des Maximumschreibers miteingebaut. Daß durch die große Scheibe die Ablesegenauigkeit ganz erheblich gesteigert wurde, bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung.

Eine weitere Steigerung der Ablesegenauigkeit wurde durch eine Umschaltanordnung erzielt, welche es gestattet, den Meßbereich im Verhältnis von ½ : ¾ : 1 umzuschalten. Wenn also eine Anlage zunächst nicht voll ausgenutzt ist, so wird man den kleinsten Meßbereich wählen, welcher eine doppelte Strichlänge auf der Diagrammscheibe gegenüber dem größten Meßbereich ergibt. Schließlich wurde eine Dreifach-Umschaltvorrichtung eingebaut, welche die Umschaltung von täglichem auf wöchentlichen und monatlichen Umlauf der Diagrammscheibe gestattet. Es soll hier auf eine nähere Beschreibung dieser Umschaltvorrichtungen verzichtet werden, die wohl auch von anderen Anwendungen her bekannt sein dürften.

Zusammenfassung.

Der beschriebene neue Maximumschreiber ist nicht bloß zeitgenau infolge der Verwendung einer synchrongeregelten Unruhuhr mit Reservegang, teils zum Antrieb der Diagrammscheibe, teils zur Auslösung am Ende der Registrierperiode, sondern er weist auch eine hohe Meßgenauigkeit auf, da die Fehler vermieden werden, welche durch Zahnluft und ungenaues Einfallen von ausgekuppelten Rädern einerseits und durch die Nichterfassung der während der Auslösezeit ankommenden Impulse anderseits hervorgerufen werden können.

Über die Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung.

Von W. Zimmermann VDE, Berlin.

DK 621.316.91.004.14

Übersicht. Bei den Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung ist in den VDE-Bestimmungen zwischen verschiedenen Möglichkeiten die Wahl gelassen, die jede für sich, wenn die jeweiligen Anwendungsbedingungen erfüllt sind, als gleichberechtigt und gleichwertig zu gelten haben. Gelegentlich tauchen nun Zweifel auf, ob diese Freizügigkeit berechtigt ist. Dabei wird unter Berufung auf Schwierigkeiten, die der Durchführung der einen oder anderen Schutzmaßnahme in Einzelfällen entgegenstehen können, und unter Geltendmachung von gelegentlich festgestellten Verstößen gegen die VDE-Bestimmungen die Schlußfolgerung gezogen, daß diese oder jene Schutzmaßnahme für gewisse Anwendungsgebiete grundsätzlich abzulehnen oder diese oder jene zu bevorzugen sei. Bei der Begründung solcher Ansichten werden auch Überlegungen ins Feld geführt, die auf einer Verkennung der eigentlichen Zweckbestimmung der Schutzmaßnahmen beruhen. Um hier eine grundsätzliche Klarstellung herbeizuführen, wird zunächst die eigentliche Zweckbestimmung der Schutzmaßnahmen dargelegt und die wichtigsten Anwendungsvoraussetzungen und -bedingungen für die verschiedenen Schutzarten untersucht und geprüft, inwieweit ihrer praktischen Verwirklichung etwa grundsätzliche Schwierigkeiten entgegenstehen, die eine allgemeine Anwendungsbeschränkung für die eine oder andere Schutzmaßnahme rechtfertigen könnten. Außerdem wird in diesem Zusammenhang erörtert, welche Schlußfolgerungen unter Berücksichtigung der Zweckbestimmung der Schutzmaßnahmen aus gewissen Mängeln in den zu schützenden Anlageteilen und Geräten, die das Wirksamwerden von Schutzmaßnahmen beeinträchtigen oder verhindern können, zu ziehen sind. Als Ergebnis ist auch im Hinblick auf die praktisch mit den VDE-mäßigen Schutzmaßnahmen gesammelten Erfahrungen festzustellen, daß tatsächlich alle zur Wahl stehenden Schutzmaßnahmen, sofern die VDE-mäßig an ihre Durchführung zu stellenden Anforderungen erfüllt sind, gleichwertig sind.

Der Sinn und die Zweckbestimmung der Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung und ihre Anwendungsvoraussetzungen.

Elektrotechnisches Installationsmaterial und elektrotechnische Geräte sind in unfalltechnischer Hinsicht gegenüber sonstigen technischen Erzeugnissen und Gebrauchsgegenständen für den menschlichen Gebrauch dadurch gekennzeichnet, daß diejenigen Teile, in denen die Elektrizität wirksam ist, der Berührung durch den sie benutzenden Menschen entzogen sein müssen. Dieser Schutz muß insofern von besonderer Art sein, als der Spannungszustand der elektrisch aktiven Teile nicht mit den Sinnen wahrnehmbar ist, wie dies z. B. gegenüber der Gefährdungsmöglichkeit durch bewegte oder erhitzte Teile mit Hilfe des Gesichts- oder Gefühlssinns der Fall ist. Es genügt also nicht, wie z. B. bei einem Zahnrad, die zufällige Berührung zu erschweren und gegen beabsichtigte Berührung sich auf den Gesichtssinn zu verlassen. Der Abschluß der elektrisch wirksamen Teile nach außen muß vielmehr so sein, daß weder eine unmittelbare noch eine mittelbare Berührung mit irgendwelchen Hilfsmitteln möglich ist. Damit sind diese Teile aber auch der Beobachtung von außen entzogen, und es besteht somit auch nicht die Möglichkeit, etwaige infolge der Gebrauchsbeanspruchungen eintretenden Veränderungen im Innern von außen festzustellen. Die im Interesse der Sicherheit der Handhabung elektrotechnischer Gegenstände zu stellende Anforderung muß daher dahin gehen, daß durch Bauart und Konstruktion die nicht beobachtbaren Veränderungen soweit wie möglich ausgeschaltet werden müssen. Zu diesem Zweck müssen insbesondere bei Geräten mit äußeren Abdeckungen aus Metall einerseits die spannungsführenden Teile mit den sie tragenden Isolierstoffteilen so zuverlässig verbunden oder in sie eingebettet sein, anderseits die äußeren Abdeckungsteile mechanisch so widerstandsfähig sein, daß unzulässige Annäherungen oder gar Berührung zwischen den elektrischen Teilen und den nicht elektrischen Teilen ausgeschlossen ist. Schließlich muß auch das Eindringen von Fremdkörpern (Verschmutzung und Feuchtigkeit), da es Isolationsüberbrückungen zur Folge haben könnte, verhindert sein. Gegen eine für den Benutzer nachteilige Auswirkung all derartiger Änderungen ist zweifellos die beste Gewähr bei Abdeckung der spannungführenden Teile durch Isolierstoff gegeben. Die Entwicklung geht

Digitized by Google

auch immer mehr dahin, diese Bauart zu bevorzugen. Immerhin sind aber heute doch noch der Verwendung der Isolierstoffe, weil sie gegenüber den nichtmetallenen Stoffen eine geringere mechanische und auch thermische Festigkeit besitzen, gewisse Grenzen gesetzt. Die Verwendung von Metall läßt sich jedenfalls für die elektrisch nicht aktiven, im Gebrauch vom Benutzer berührbaren Teile nicht in allen Fällen umgehen. Als solche kommen in erster Linie die thermisch hoch beanspruchten Geräte, wie Koch- und Heizgeräte, sowie die mechanisch stark gefährdeten Geräte wie z. B. Elektrowerkzeuge, in Frage.

Wenn nun auch bei derartigen elektrotechnischen Gegenständen mit metallenen Außenteilen, sofern sie unter Berücksichtigung der vorgekennzeichneten Gesichtspunkte gebaut sind, die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, daß unter den normalen Betriebsbeanspruchungen infolge innerer Veränderungen ein Isolationsschaden entsteht, der sich als Körperschluß auswirkt und damit eine für den Benutzer gefährliche Berührungsspannung hervorrufen könnte, so besteht doch immerhin die Möglichkeit, daß dies infolge von außergewöhnlichen Vorgängen, z. B. Werkstoffehlern, geschehen könnte. Der Schutz gegen derartige Schäden außergewöhnlicher Art, die also nicht mit den Mitteln vermieden werden können, die zur Gewährleistung der Sicherheit elektrotechnischer Gegenstände in sich selbst nach dem Stand der Technik zur Verfügung stehen, ist die Aufgabe der Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung. Diese Zweckbestimmung der Schutzmaßnahmen geht unzweideutig aus dem Wortlaut der einschlägigen VDE-Vorschrift hervor. Es heißt dort nämlich im § 3 c der (VDE 0100/X. 38) Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V:

> „Dieses (das Auftreten von Berührungsspannung) zu verhindern, ist in erster Linie Aufgabe des Baues elektrischer Apparate und Gebrauchsgegenstände sowie Sache sorgfältiger Montage.
>
> Darüber hinausgehende Schutzmaßnahmen sind ihrer Natur nach als Behelf anzusehen."

In den zugehörigen Erläuterungen wird dies noch durch folgenden Hinweis unterstrichen:

> „Dagegen darf sich der Konstrukteur oder Hersteller nicht darauf verlassen, daß zusätzliche Schutzmaßnahmen im Fall der Isolationsstörung weiteres Unheil verhindern."

Entsprechend diesen grundsätzlichen Überlegungen, die im Grunde genommen nichts anderes als die Anwendung des Grundsatzes „Vorbeugen ist besser als Heilen" bedeuten, müssen die Schutzmaßnahmen als solche im Vergleich zu den an Material und Geräte selbst zu stellenden Anforderungen bewertet werden. Die Schutzmaßnahmen haben also nur einen bedingten Zweck zu erfüllen. Sie sind nur insoweit nötig als Material und Geräte nicht in sich selbst durch ihre Bauart entweder die Gewähr bieten, daß ein Körperschluß zu metallenen, berührbaren Teilen völlig unwahrscheinlich ist, oder wegen der ausschließlichen Verwendung von Isolierstoff für die berührbaren Teile überhaupt nicht vorkommen kann. Überdies ist der bedingte Charakter der Schutzmaßnahmen auch daraus ersichtlich, daß ihre Anwendung durch die VDE-Vorschriften ausdrücklich auf die in sogenannten gefährdeten Räumen befindlichen Anlagen bzw. verwendeten Geräte beschränkt ist, es sei denn, daß es sich um Anlagen und Geräte mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde handelt. Zudem ist noch kennzeichnend für die Schutzmaßnahmen, daß sie für die eigentliche betriebliche Zweckbestimmung eines Anlageteiles oder Gerätes an sich entbehrlich sind, diese also auch betrieben werden können, wenn etwa die Schutzmaßnahme irgendwie unwirksam geworden sein sollte. Hinzu kommt noch, daß der Benutzer einer Anlage oder eines Gerätes sich dieses Zustandes meistens überhaupt nicht bewußt wird, da er nicht ohne weiteres erkennbar zu sein braucht.

Die Schutzmaßnahmen sind also, alles in allem gesehen, dazu bestimmt, bei Geräten, die ordnungsmäßig beschaffen sind und an sich ohne Schutzmaßnahmen ihren Verwendungszweck voll und ganz erfüllen können, einen zusätzlichen Schutz zu bieten. Nicht dagegen sind die Schutzmaßnahmen etwa dazu da, bei in sich unzulänglichen Geräten — sei es, daß sie dies von Haus aus sind oder durch unsachgemäße Betriebsweise oder Behandlung geworden sind — solche Isolationsschäden ungefährlich zu machen, die als mehr oder weniger zwangsläufige Erscheinung erwartet werden können. Ebensowenig ist der Schutz gegen die unmittelbare Berührung spannungführender Teile selbst die Aufgabe der Schutzmaßnahmen. Anlagen und Geräte müssen vielmehr in sich selbst so gebaut sein, und auch betrieben und behandelt werden, daß die Wahrscheinlichkeit eines Schadens so gering wie möglich ist. Nur für den Fall, daß trotzdem „ausnahmsweise" etwas vorkommen sollte, sollen Schutzmaßnahmen wirksam werden und Schäden vorbeugen.

Es ist nun selbstverständlich denkbar, daß, ebenso wie ein Gerät oder Anlageteil selbst, auch eine Schutzmaßnahme infolge ungewöhnlicher Umstände versagen kann. Mit dieser Möglichkeit kann bei den Schutzmaßnahmen sogar noch eher gerechnet werden, weil eine Unregelmäßigkeit in ihrem Zustand sich nicht ohne weiteres beim Betrieb offenbart. Besonders wichtig ist daher die gewissenhafte Beachtung der für die Anwendung von Schutzmaßnahmen geltenden VDE-Bestimmungen. Wenn aber der Fall eintreten sollte, daß infolge unzulänglicher Durchführung einer Schutzmaßnahme die gefährliche Auswirkung nicht hätte verhütet werden können, so wird man in sinngemäßer Auslegung der Zweckbestimmung der Schutzmaßnahmen es nicht allein dabei bewenden lassen dürfen, die Abhilfe auf der Seite der Schutzmaßnahmen zu suchen, sondern in erster Linie sich darum bemühen müssen, daß die Ursache als solche, d. h. der Grund für die Entstehung des Körperschlusses, beseitigt wird.

Somit lassen sich die Anwendungsvoraussetzungen und -bedingungen, die bei einer kritischen Bewertung der Schutzmaßnahmen zugrunde gelegt werden müssen, wie folgt zusammenfassen:

1. Einwandfreie Beschaffenheit der zu schützenden Anlage in sich selbst, d. h. VDE-mäßiges Material, VDE-mäßig erstellte Anlagen und VDE-mäßig gebaute Geräte.
2. Ordnungsmäßiger Betrieb und sorgfältige Instandhaltung der Anlagen und Geräte.
3. Beachtung der für die Durchführung von Schutzmaßnahmen gültigen VDE-Bestimmungen.

Die praktische Anwendung der Schutzmaßnahmen.

a) Allgemeine Anwendungsbedingungen.

Für die praktische Verwirklichung des mit den Schutzmaßnahmen angestrebten Zweckes sind in den VDE-Vorschriften eingehende Festlegungen getroffen, durch die im einzelnen umschrieben wird, welche Bedingungen erfüllt werden müssen, um die Wirksamkeit der verschiedenen Arten von Schutzmaßnahmen sicherzustellen. Grundsätzlich sind aber hierbei mehrere Möglichkeiten vorgesehen, die gleichwertig und gleichberechtigt nebeneinander zur Wahl stehen (Isolierung, Kleinspannung, Erdung, Nullung, Schutzschaltung). Nur für ganz bestimmte Fälle wird eine dieser Schutzmaßnahmen, nämlich die Kleinspannung, als einzig zulässige gefordert (z. B. Handlampen in Kesseln). Dies geschieht aber deswegen, weil in diesem Fall der Schutz auch auf die Möglichkeit der unmittelbaren Berührung spannungführender Teile ausgedehnt werden muß und die Betriebsspannung selbst — also nicht allein die Berührungsspannung — auf einen ungefährlichen Wert herabgesetzt

Digitized by Google

werden muß. Auch aus dieser Sonderregelung geht hervor, daß für die übrigen Anwendungsgebiete in keiner Weise eine Bevorzugung der einen oder anderen Schutzmaßnahme in der Absicht der VDE-Bestimmungen liegt.

Die Frage ist nun offensichtlich die, ob diese Freizügigkeit mit den praktischen Erfahrungen in Einklang steht. Es soll daher untersucht werden, ob auf Grund der mit den verschiedenen Arten von Schutzmaßnahmen praktisch gemachten Erfahrungen ein Anlaß besteht, etwa irgendeine Einschränkung dieser Freizügigkeit vorzunehmen und vielleicht für gewisse Fälle (Anlagearten oder Anwendungsgebiete) eine bestimmte Art von Schutzmaßnahmen zu bevorzugen oder gar die Anwendung bestimmter Schutzmaßnahmen zu untersagen. Ein solcher Anlaß könnte aus zweierlei Gründen vorliegen. Einerseits wäre es denkbar, daß die Anwendungsvoraussetzungen für eine bestimmte Schutzmaßnahme nicht allgemein gegeben sind und sich die Anwendungsbedingungen, insbesondere die Bestimmungen über die Durchführung von Schutzmaßnahmen, wie sie in den VDE-Vorschriften festgelegt sind, nur schwer oder praktisch überhaupt nicht für die eine oder andere Schutzmaßnahme auf diesem oder jenem Anwendungsgebiet erfüllen lassen. Es könnten also mit anderen Worten Anwendungsschwierigkeiten grundsätzlicher Art vorliegen. Anderseits könnte mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß sich die eine oder andere Schutzmaßnahme für dieses oder jenes Anwendungsgebiet bezüglich ihrer Wirksamkeit als unzulänglich erwiesen hätte insofern, als die Möglichkeit des Versagens hier besonders nahe liegen könnte.

In die Betrachtungen, die nachfolgend nach diesen beiden Richtungen angestellt werden, sollen lediglich die Schutzmaßnahmen Erdung, Nullung und Schutzschaltung einbezogen werden. Die Schutzmaßnahme Isolierung kann deswegen außer Betracht bleiben, weil sie eine Sonderstellung einnimmt insofern, als, wenn sie am Gerät selbst durchgeführt wird, Schutzmaßnahmen zusätzlicher Art, wie sie die drei erstgenannten Schutzmaßnahmen bilden, überhaupt entbehrlich werden, anderseits aber die im Sinne einer zusätzlichen Schutzmaßnahme angewendete Isolierung lediglich darin besteht, daß durch Isolierung des Standortes des Bedienenden der Charakter des gefährdeten Raumes als Anwendungsvoraussetzung ganz oder teilweise beseitigt wird, also an der elektrischen Anlage oder an den Geräten selbst keinerlei besondere Maßnahme in Frage kommt. Auf die Einbeziehung der Kleinspannung als Schutzmaßnahme kann deswegen verzichtet werden, weil sie nur einen ganz beschränkten Anwendungsumfang besitzt und bei ihr auch Anwendungsschwierigkeiten der hier zu untersuchenden Art nicht zu erwarten sind.

Erdung.

Ganz allgemein ist der Anwendungsbereich der Erdung als Schutzmaßnahme durch die Möglichkeit umschrieben, den Erdungswiderstand so niedrig zu halten, wie dies erforderlich ist, um die Berührungsspannung auf den in den VDE-Bestimmungen vorgeschriebenen höchstzulässigen Wert zu begrenzen. Inwieweit läßt sich nun diese Anforderung praktisch verwirklichen? Über den praktischen Anwendungsbereich der Erdung sagen die VDE 0140/32 Leitsätze für Schutzmaßnahmen folgendes:

> „Aus wirtschaftlichen Gründen kommt die Erdung mittels Einzelerdern praktisch nur für Stromverbraucher in Stromkreisen mit Stromsicherungen (Schmelzsicherungen oder Selbstschalter) bis etwa 35 A Abschaltstrom in Frage; es sind dann andere Schutzmaßnahmen zu wählen."

Diese Einschränkung bezieht sich vor allem auf Freileitungsnetze in ländlichen Versorgungsgebieten, da man hier bei der Anwendung der Schutzerdung wegen des Fehlens von Sammelerdern, wie sie z. B. ein Wasserleitungsrohrnetz darstellt, praktisch auf Einzelerder angewiesen ist. Da der Abschaltstrom gleich dem 2,5fachen Sicherungsnennstrom ist, bleibt also die Anwendung der Schutzerdung auf Stromkreise mit Sicherungen bis 10 oder höchstens 15 A Nennstrom beschränkt. Dies schließt aber selbstverständlich nicht aus, daß, wenn sich der erforderliche niedrige Erdübergangswiderstand mit einem Einzelerder tatsächlich erzielen läßt, auch für Stromkreise mit höheren Werten der Sicherungsnennstromstärke die Anwendung der Schutzerdung zulässig bleibt. Nur wirtschaftliche Überlegungen sind es, wie es in den Leitsätzen ausdrücklich heißt, die für die Anwendungsbeschränkung geltend zu machen sind. Im übrigen bedeutet die Einschränkung auf Einzelerder in ihrer Umkehrung, daß dort, wo Einzelerder nicht nötig sind, also praktisch in Anlagen, wo ein Wasserleitungsrohrnetz oder dergleichen zur Erdung zur Verfügung steht, eine Anwendung der Schutzerdung auch über 35 A Abschaltstrom hinaus möglich und zulässig ist. Diese Voraussetzung wird in erster Linie in städtischen Netzen meistens ohne weiteres erfüllt sein.

Wie die Praxis gezeigt hat, lassen sich jedenfalls, wenn die Bodenverhältnisse nicht etwa sehr ungünstig liegen, Einzelerdungen mit Widerstandswerten, wie sie für 10 A- oder sogar 15 A-Stromkreise in Frage kommen, erstellen, ohne daß hierzu wirtschaftlich untragbare Aufwendungen nötig wären. Dies wird auch bestätigt durch das Ergebnis von Messungen an ausgeführten Erdungen, die kürzlich in dieser Zeitschrift[1]) bekanntgegeben wurden und aus denen hervorging, daß Werte von 3 bis 5 Ω mit Einzelerdern durchaus erzielbar sind. Für Stromkreise mit 10 A- bzw. 15 A-Sicherungen kommen, soweit es sich um 380/220 V-Netze mit geerdetem Sternpunkt handelt, wie sie in ländlichen Gebieten die Regel sein dürften, Erdungswiderstandswerte von 4,4 bzw. 2,9 Ω in Frage. Die angezogenen Werte von 3 bis 5 Ω liegen also in einer Größenordnung, daß sie für 10 A-Stromkreise schon zum Teil niedriger als nötig liegen und sich sicherlich die geringfügigen Verbesserungen auf 2,9 Ω für 15 A- bzw. 4,4 Ω für 10 A-Stromkreise unschwer erzielen lassen müßten. Damit wäre also auch erwiesen, daß der Anwendungsbereich bis 35 A Abschaltstrom, der, wie eingangs schon erwähnt wurde, in den VDE-Bestimmungen angegeben ist, durchaus im Einklang mit den praktischen Möglichkeiten steht.

Bei der Bemessung der Schutzerdung muß selbstverständlich auch Vorsorge getroffen sein, daß der zulässige Wert des Erdungswiderstandes nicht nur im Zeitpunkt der Errichtung einer Anlage, sondern auch auf die Dauer gewahrt bleibt. Es muß also insbesondere Gewähr gegeben sein, daß der Erdungswiderstand nicht infolge von Veränderungen, denen er insbesondere durch jahreszeitlich bedingten Wechsel der Bodenbeschaffenheit unterliegen kann, unzulässig hohe Werte annimmt, die eine Abschaltung bei Erdschluß entweder verhindern oder zu lange hinauszögern würden. Sofern dies nicht ohne weiteres bei der Anlage einer Erdung sichergestellt ist, muß durch Überwachung in Form gelegentlicher Kontrollen dafür Gewähr geschaffen werden.

Eine solche Überprüfung kann in einfachster Weise derart durchgeführt werden, daß absichtlich ein Körperschluß in dem zu prüfenden Stromkreis herbeigeführt und festgestellt wird, ob das vorgeschaltete Sicherungsorgan — am besten wird ein IS-Schalter zu diesem Zweck verwendet — anspricht.

Wenn die vorstehend umschriebenen Bedingungen und Maßnahmen erfüllt sind bzw. beachtet werden, besteht jedenfalls keinerlei Anlaß, der Anwendung der Erdung als Schutzmaßnahme irgendwelche Beschränkung grundsätzlicher Art auferlegen zu wollen, die etwa damit begründet werden sollte, daß es gelegentlich Schwierigkeiten bereiten kann, Einzelerder mit ausreichend niedrigem Übergangswiderstand herzustellen. Auch die Tatsache, daß gelegentlich Verstöße gegen die diesbezüg-

[1]) P. Schnell, „Erdung, Nullung und Schutzschaltung bei Installationen landwirtschaftlicher Betriebe". ETZ 59 (1938) S. 1197.

Digitized by Google

lichen VDE-Bestimmungen festzustellen sind, berechtigt keinesfalls dazu, einer solchen Beschränkung das Wort zu reden. Die aus solchen Beobachtungen zu ziehende Schlußfolgerung muß vielmehr dahin gehen, daß den VDE-Bestimmungen unbedingt Beachtung geschenkt werden muß.

Nullung.

Eine der wesentlichsten Voraussetzungen für die erfolgreiche Anwendung dieser Schutzmaßnahme, die gelegentlich auf Schwierigkeiten stoßen kann, ist wohl die in den Nullungsbedingungen gestellte Forderung:

„Der Nulleiter ist zu erden, und zwar im allgemeinen in der Nähe der Station; in Freileitungsnetzen auch noch mindestens an den Enden der Netzausläufer und bei Installationen im Freien, falls genullt wird, auch an seinem Ende."

Zu der Erdung des Nulleiters in der Nähe der Station ist zu bemerken, daß sie gleichbedeutend mit der Betriebserdung des Transformatorennullpunktes ist, die gemäß § 20 der VDE 0140/32, Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, zum Schutz bei Erdschluß auf der Unterspannungsseite gefordert wird, also auch notwendig ist, wenn von der Schutzmaßnahme der Nullung nicht Gebrauch gemacht wird. Die Erdung der Netzausläufer wird gefordert, damit beim Reißen des Nulleiters der vom Transformator abgetrennte Nulleiterteil keine zu hohe Spannung gegen Erde annimmt. In Kabelnetzen wird von dieser Seite her praktisch keine Schwierigkeit zu befürchten sein, da einerseits die Erdung leicht durchzuführen, anderseits aber Unterbrechungen des Nulleiters praktisch nicht zu befürchten sind.

In Freileitungsnetzen muß natürlich in erster Linie der Möglichkeit einer Unterbrechung des Nulleiters vorgebeugt werden. Zu diesem Zweck soll seine Verlegung ebenso sorgfältig wie die der Außenleiter erfolgen. Vor allen Dingen muß aber dafür Sorge getragen sein, daß nicht äußere Zufälligkeiten, wie z. B. das Umfallen von Bäumen oder gar das Fällen von Bäumen, zu einem Bruch des Nulleiters führen können. Im übrigen ist eine zweckmäßige Sicherheitsmaßnahme die, daß der Nulleiter unterhalb der Phasenleiter verlegt wird, damit, falls wirklich einmal ein Reißen eintreten sollte, eine Berührung mit den Phasenleitern ausgeschlossen wird, die zur Folge haben würde, daß alle genullten Teile, die mit dem von der Station abgelegenen Ende des Nulleiters verbunden sind, unter Phasenspannung gesetzt werden. Eine Vorbeugungsmaßnahme stellt überdies noch die schon erwähnte Erdung der Netzausläufer dar, die bezweckt, das Auftreten einer zu hohen Spannung gegen Erde an dem von der Station abgelegenen Ende eines etwa gerissenen Nulleiters zu verhindern. Der Einhaltung dieser Nullungsbedingung muß daher ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Ihre Erfüllung bereitet praktisch keinerlei Schwierigkeit, auch dort, wo man auf Einzelerder angewiesen ist. Es wird VDE-mäßig ein Erdübergangswiderstand von höchstens 5 Ω gefordert, der sich, wie im Abschnitt Erdung schon dargelegt worden ist, unschwer erzielen läßt.

Die praktische Erfahrung, die sich auf langjährige Anwendung der Nullung in den ausgedehnten Freileitungsnetzen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen stützt, lehrt, daß Schwierigkeiten der geschilderten Art in Netzen, die den Nullungsbedingungen entsprechen, mit der nötigen Rücksichtnahme auf die Ausschaltung von außergewöhnlichen Störungsmöglichkeiten gebaut und verlegt sind, nicht befürchtet zu werden brauchen. Es liegt also keinerlei Anlaß vor, etwa in Freileitungsnetzen, weil hier eher mit der Möglichkeit einer Unterbrechung des Nulleiters zu rechnen ist als in Kabelnetzen, die Nullung als Schutzmaßnahme ausschließen zu wollen. Auch hinsichtlich der Möglichkeit, die Aufrechterhaltung der Nullungsbedingungen in den übrigen Punkten, insbesondere ausreichend niedriger Erdungswiderstand der Stations- und Netzausläufererden sicherzustellen, besteht nicht der geringste Grund zu irgendwelchen Beschränkungen grundsätzlicher Art. Ebenso, wie dies bei der Erdung schon zum Ausdruck gebracht wurde, kann daraus, daß etwa gelegentlich Schwierigkeiten der Einhaltung der Nullungsbedingungen entgegenstehen können und gelegentlich auch Verstöße hiergegen vorkommen können, nicht die Schlußfolgerung gezogen werden, daß in der Anwendung der Nullung in Freileitungsnetzen irgendwelche grundsätzlichen Beschränkungen gemacht werden müßten.

(Schluß folgt.)

Umstellvorschriften für elektrische Maschinen.

VDE-Ausschuß für Maschinen.

VDE 0530 U.

Entwurf.

Einspruchsfrist: 23. November 1939.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Diese Umstellvorschriften haben den gleichen Wortlaut wie VDE 0530/XII. 37 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen" mit Ausnahme der nachstehenden Änderungen der §§ 1, 3, 39 und 87.

§ 1. Geltungsbeginn.

Diese Umstellvorschriften treten am .... in Kraft[1]).

§ 3. Geltungsbereich.

Zu § 3 von VDE 0530/XII. 37 wird folgender Zusatz gemacht:

„Diese Umstellvorschriften gelten nicht für Maschinen in schlagwetter- und explosionsgeschützter Ausführung".

[1]) Genehmigt durch ....

§ 39. Grenzwerte.

Tafel IVa „Grenzerwärmungen" wird wie folgt geändert:

Die Grenzerwärmung für Maschinenwicklungen nach Klasse B (gemäß § 38 von VDE 0530/XII. 37, Tafel III) mit Ausnahme von Lackdraht, beträgt 95°. Die Angaben in Tafel IVa „Grenzerwärmungen", waagerechte Spalten 1 und 2, senkrechte Spalte III von VDE 0530/XII. 37 werden demnach von 80° und 90° in 95° geändert.

Die Grenzerwärmung von Kommutatoren solcher Maschinen, deren Ankerwicklung der Isolationsklasse B entspricht, beträgt 75°. Bei Maschinen, die nach Art ihres Betriebes dauernd (im Tag- und Nachtbetrieb) durchlaufen, bleibt jedoch für die Grenzerwärmung der Kommutatoren der bisherige Wert von 60° nach VDE 0530/XII. 37 bestehen.

§ 87. Zulässige Abweichungen.

Die zulässige Abweichung für den Wirkungsgrad η in Tafel XIII, waagerechte Spalte 6, von VDE 0530/XII. 37 beträgt

$\pm \frac{1-\eta}{5}$, aufgerundet auf 2/1000; mindestens aber 0,01.

Digitized by Google

Regeln für Wandler.

VDE-Ausschuß für Wandler.

DK 621.314.222/.224.3 (083.133)

VDE 0414

Entwurf 2

Einspruchsfrist: 15. Dezember 1939

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Die Regeln treten am .... in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für Strom- und Spannungswandler für Frequenzen von 15 bis 60 Per/s zum Anschluß von Meßgeräten, Zählern, Relais u. dgl.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

Nenngrößen, sonstige elektrische Größen.

a) Nennstrom (primär und sekundär) eines Stromwandlers ist der auf dem Leistungsschild angegebene Wert des primären und sekundären Stromes.

b) Nennspannung (primär und sekundär) eines Spannungswandlers ist der auf dem Leistungsschild angegebene Wert der primären und sekundären Spannung.

Bei Einphasen-Spannungswandlern, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden können, sowie bei Fünfschenkelwandlern gilt die Sternspannung als Nennspannung. Sie wird in der Form Dreieckspannung/$\sqrt{3}$ angegeben.

c) Bürde bei Stromwandlern ist der in Ohm angegebene Scheinwiderstand der sekundär angeschlossenen Geräte einschließlich der Zuleitung.

d) Nennbürde bei Stromwandlern ist die auf dem Leistungsschild in Ohm angegebene Bürde.

e) Nennleistung bei Stromwandlern ist das auf dem Leistungsschild in VA angegebene Produkt aus dem Quadrat des sekundären Nennstromes und der Nennbürde.

f) Nennleistung bei Spannungswandlern ist die auf dem Leistungsschild in VA angegebene, unter Berücksichtigung der Bestimmungen über die Fehlergrenzen in § 13 festgesetzte Scheinleistung.

g) Grenzleistung bei Spannungswandlern ist die unter Berücksichtigung der Bestimmungen über die Erwärmung in § 16 b) festgesetzte und auf die Nennspannung bezogene Scheinleistung. Sie wird in VA auf dem Leistungsschild angegeben.

Als Nennleistung und als Grenzleistung bei Dreiphasen-Spannungswandlern gilt das Dreifache der Einphasenleistungen; sie wird in der Form 3 × Einphasenleistung angegeben.

h) Nennübersetzung bei Stromwandlern ist das Verhältnis des primären Nennstromes zum sekundären Nennstrom.

i) Nennübersetzung bei Spannungswandlern ist das Verhältnis der primären Nennspannung zur sekundären Nennspannung.

Die Nennübersetzung wird als ungekürzter Bruch angegeben.

k) Nennfrequenz ist die auf dem Leistungsschild angegebene Frequenz.

l) Nennfrequenzbereich ist der auf dem Leistungsschild angegebene Frequenzbereich.

§ 4.

Überstromziffer und Kurzschlußfestigkeit bei Stromwandlern.

a) Überstromziffer n bei Stromwandlern ist dasjenige Vielfache des Nennprimärstromes, bei dem der Stromfehler bei Nennbürde 10% betragen würde, wenn der Leistungsfaktor der Bürde derartig ist, daß der Magnetisierungsstrom I_0 (siehe § 14) in Phase mit dem Sekundärstrom I_2 liegt.

Im allgemeinen ist ein Grenzwert x der Überstromziffer n in der Form $n > x$ auf dem Leistungsschild anzugeben, den die Überstromziffer nicht unterschreiten soll. In besonderen Fällen, in denen die Überstromziffer n zum Schutze der angeschlossenen Geräte einen Grenzwert x nicht überschreiten soll, ist sie in der Form $n < x$ anzugeben.

b) Die Kurzschlußfestigkeit eines Stromwandlers wird durch den thermischen und dynamischen Grenzstrom ausgedrückt.

1. Thermischer Grenzstrom I_{therm} ist der auf dem Leistungsschild angegebene höchste Effektivwert des Primärstromes in kA, dessen Wärmewirkung der Stromwandler bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung 1 s lang aushalten kann, ohne Schaden zu nehmen.
2. Dynamischer Grenzstrom I_{dyn} ist der höchste Wert der ersten Stromamplitude in kA, dessen Kraftwirkung ein Stromwandler bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung aushalten kann, ohne Schaden zu nehmen.

Über die Umbruchkraft eines Stromwandlers — die an den Primäranschlüssen in der ungünstigsten Richtung (senkrecht zum Isolator) zulässige größte statische Kraft — wird durch die Angabe des dynamischen Grenzstromes nichts ausgesagt[2]).

§ 5.

Zubehör.

a) Meßzubehör sind: Widerstände, Kondensatoren oder sonstige Mittel, die zur Erreichung der Genauigkeit des Wandlers erforderlich sind.

b) Schutzzubehör sind: Widerstände, Kondensatoren, Funkenstrecken oder sonstige Mittel, die zum Schutze des Wandlers gegen Überspannungen oder Überströme dienen sollen.

§ 6.

Fehlergrößen.

a) Strom- und Spannungsfehler.

1. Der Stromfehler F_i eines Stromwandlers bei einer gegebenen primären Stromstärke ist die prozentuale Abweichung der sekundären Stromstärke von ihrem Sollwert; dieser ergibt sich aus der primären Stromstärke durch Division mit der Nennübersetzung. Der Stromfehler wird positiv gerechnet, wenn der tatsächliche Wert der sekundären Größe den Sollwert übersteigt.

[1]) Genehmigt durch.......................

[2]) Vgl. DIN VDE 8100, 8101, 8102, 8104, 8105, 8106.

Digitized by Google

Der Stromfehler F_i eines Stromwandlers beträgt:

$$F_i = 100 \cdot \frac{I_2 K_n - I_1}{I_1}\,.$$

Hierbei ist:
K_n = Nennübersetzung
I_1 = Primärstrom
I_2 = Sekundärstrom.

2. Der Spannungsfehler F_u eines Spannungswandlers bei einer gegebenen primären Klemmenspannung ist die prozentuale Abweichung der sekundären Klemmenspannung von ihrem Sollwert; dieser ergibt sich aus der primären Klemmenspannung durch Division mit der Nennübersetzung. Der Spannungsfehler wird positiv gerechnet, wenn der tatsächliche Wert der sekundären Größe den Sollwert übersteigt.

Der Spannungsfehler F_u eines Spannungswandlers beträgt:

$$F_u = 100 \cdot \frac{U_2 K_n - U_1}{U_1}\,.$$

Hierbei ist:
K_n = Nennübersetzung
U_1 = Primärspannung
U_2 = Sekundärspannung.

b) Fehlwinkel.

1. Der Fehlwinkel δ_i bei Stromwandlern ist die Phasenverschiebung des Sekundärstromes gegen den Primärstrom.

2. Der Fehlwinkel δ_u bei Spannungswandlern ist die Phasenverschiebung der sekundären Klemmenspannung gegen die primäre Klemmenspannung.

3. Die Ausgangsrichtungen sind hierbei so vorausgesetzt, daß sich bei Fehlerfreiheit des Wandlers eine Verschiebung von 0° (nicht 180°) ergibt.

4. Der Fehlwinkel wird in (Winkel-)Minuten angegeben und positiv gerechnet, wenn die sekundäre Größe voreilt.

III. Genormte Werte.

§ 7.

Nennströme für Stromwandler.

Als genormte Nennströme für Stromwandler gelten die in Tafel I angegebenen Werte.

Tafel I.

Genormte Nennströme für Stromwandler.

Primärer Nennstrom A				Sekundärer Nennstrom A
	10	100	1000	
	15	150	1500	
	20	200	2000	
	25	250	2500	5
	30	300	3000	
		400	4000	und in besonderen Fällen
5	50	500	5000	1
		600	6000	
	75	750		
		800		

§ 8.

Nennspannungen für Spannungswandler.

Als genormte Nennspannungen für Spannungswandler gelten die in Tafel II angegebenen Werte.

Die primären Nennspannungen der Tafel II entsprechen den genormten Nennspannungen von VDE 0670 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte".

Tafel II.

Genormte Nennspannungen für Spannungswandler.

Primäre Nennspannung kV			Sekundäre Nennspannung V
1	10	100	
		120	
	15	150	
	20	200	100
3	30		
	45		
6	60		
	80		

§ 9.

Nennbürden und Nennleistungen für Stromwandler.

Als genormte Nennbürden und Nennleistungen für Stromwandler gelten die in Tafel III angegebenen Werte. Die Nennbürden beziehen sich auf einen sekundären Nennstrom von 5 A.

Tafel III.

Genormte Nennbürden und Nennleistungen für Stromwandler.

Nennbürde bei 5 A . . Ω	0,2	0,6	1,2	1,8	2,4	3,6
Nennleistung . . . VA	5	15	30	45	60	90

§ 10.

Nennleistungen für Spannungswandler.

Als genormte Nennleistungen für Spannungswandler gelten die in Tafel IV angegebenen Werte.

Tafel IV.

Genormte Nennleistungen in VA für Spannungswandler.

5		15		30	45	60	90		
	120	150	240	300	450	600			

IV. Bestimmungen.

A. Klassenzeichen.

§ 11.

Klassenzeichen.

a) Die Wandler werden entsprechend ihrer Genauigkeit in Klassen eingeteilt. Die Klassen werden durch ein Klassenzeichen nach Tafel V gekennzeichnet.

Tafel V.

Klassen.

Kl 0,1	Kl 0,2	Kl 0,5	Kl 1	Kl 3	Kl 10

Wandler der Klassen 0,1 und 0,2 kommen für genaueste Messungen, Wandler der Klassen 0,5 und 1 vorwiegend für Betriebsmessungen, Wandler der Klassen 3 und 10 für Schutzzwecke in Frage.

b) Das Klassenzeichen darf nur bei Wandlern, die den Bestimmungen dieser Regeln entsprechen, verwendet werden.

c) Bei Wandlern mit mehreren Übersetzungen müssen, falls nur ein Klassenzeichen angegeben ist, alle Übersetzungen die Bestimmungen dieser Klasse erfüllen. Anderenfalls ist zu jeder Übersetzung die zugehörige Klasse anzugeben. Das gleiche gilt sinngemäß für Wandler mit mehreren Kernen.

B. Genauigkeit.

§ 12.

Fehlergrenzen bei Stromwandlern.

a) Jeder Klasse sind bestimmte Fehlergrenzen zugeordnet, die in Tafel VI a) und VI b) in Abhängigkeit von Bruchteilen des primären Nennstromes I_n zusammengestellt sind.

Tafel VI a.

Fehlergrenzen von Stromwandlern der Klassen 0,1 bis 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Klasse	Stromfehler in Prozent bei				Fehlwinkel in Minuten bei			
	$0{,}1\,I_n$	$0{,}2\,I_n$	$1{,}0\,I_n$	$1{,}2\,I_n$	$0{,}1\,I_n$	$0{,}2\,I_n$	$1{,}0\,I_n$	$1{,}2\,I_n$
0,1	± 0,25	± 0,2	± 0,1	± 0,1	± 10	± 8	± 5	± 5
0,2	± 0,5	± 0,35	± 0,2	± 0,2	± 20	± 15	± 10	± 10
0,5	± 1,0	± 0,75	± 0,5	± 0,5	± 60	± 40	± 30	± 30
1	± 2,0	± 1,5	± 1,0	± 1,0	± 120	± 80	± 60	± 60

Unter I_n wird der primäre Nennstrom verstanden.

Tafel VI b.

Fehlergrenzen von Stromwandlern der Klassen 3 und 10.

1	2	3
Klasse	Stromfehler in Prozent bei	
	$0{,}5\,I_n$	$1{,}0\,I_n$
3	± 3,0	± 3,0
10	± 10,0	± 10,0

b) Die Fehlerkurven des Wandlers müssen innerhalb der beiden Linienzüge liegen, die durch die geradlinige Verbindung der positiven bzw. negativen Werte obiger Tafel erhalten werden.

c) Die Fehlergrenzen gelten

bei Wandlern der Klassen 0,1, 0,2, 0,5 und 1 für Bürden zwischen $^1/_4$ und $^1/_1$ Nennbürde bei einem sekundären Leistungsfaktor $\cos\beta = 0{,}8$,

bei Wandlern der Klassen 3 und 10 für Bürden zwischen $^1/_2$ und $^1/_1$ Nennbürde bei einem sekundären Leistungsfaktor $\cos\beta = 0{,}8$.

Digitized by Google

d) Wenn der Wert für ¼ Nennbürde größer als 0,6 Ω (bei einem sekundären Nennstrom von 1 A größer als 15 Ω) ist, dann müssen die Fehlergrenzen von 0,6 Ω bzw. 15 Ω an eingehalten werden.

e) Die Fehlergrenzen gelten einschließlich des etwa mitgelieferten Meß- und Schutzzubehörs.

f) Vor der Prüfung der Genauigkeit ist eine Entmagnetisierung des Stromwandlers mit Wechselstrom vorzunehmen.

§ 13.

Fehlergrenzen bei Spannungswandlern.

a) Jeder Klasse sind bestimmte Fehlergrenzen zugeordnet, die bezogen auf die primäre Nennspannung U_n in Tafel VII zusammengestellt sind.

Tafel VII.

Fehlergrenzen von Spannungswandlern.

1	2	3	4
Klasse	Spannung	Spannungsfehler in Prozent	Fehlwinkel in Minuten
0,1	$0{,}8 \cdots 1{,}2\ U_n$	± 0,1	± 5
0,2	„	± 0,2	± 10
0,5	„	± 0,5	± 20
1,0	„	± 1,0	± 40
3,0	$1{,}0\ U_n$	± 3,0	—

b) Die Fehlergrenzen gelten für Leistungen zwischen ¼ und ¹/₁ Nennleistung bei einem sekundären Leistungsfaktor $\cos\beta = 0{,}8$. Wenn der Wert von ¼ Nennleistung größer als 15 VA ist, dann müssen die Fehlergrenzen von 15 VA an eingehalten werden. Bei Spannungsänderung zwischen den vorgeschriebenen Grenzen wird der der Nennleistung entsprechende Widerstand im Sekundärkreis unverändert gelassen.

c) Die Fehlergrenzen gelten einschließlich des etwa mitgelieferten Meß- und Schutzzubehörs.

§ 14.

Überstromziffer.

a) Für die Bestimmung der Überstromziffer ist das folgende indirekte Verfahren maßgebend, das auf der Leerlaufmessung beruht, da die unmittelbare Bestimmung meßtechnische Schwierigkeiten bietet. Wenn das indirekte Verfahren, wie z. B. bei Kaskadenwandlern nicht anwendbar ist, so ist die Überstromziffer rechnerisch zu bestimmen. Die Nachprüfung der Rechnung kann bei einem Leistungsfaktor $\cos\beta = 1$ vorgenommen werden.

b) Der Stromwandler ist bei offener Primärseite von der Sekundärseite aus zu erregen, und der aufgenommene Leerlaufstrom zu messen. Die einzustellende Leerlaufspannung U_0, deren Kurvenform praktisch sinusförmig sein muß, ist aus dem Grenzwert x der Überstromziffer n (vgl. § 4 a), dem Nenn-Sekundärstrom I_2, der Nennbürde Z und der Eigenbürde Z_{i_2} nach folgender Gleichung zu errechnen:

$$U_0 = 0{,}9\, x\, I_2\, (Z + Z_{i_2}).$$

Die Eigenbürde Z_{i_2} ist aus dem Ohmschen Widerstand R_{i_2} der Sekundärwicklung unter der Annahme eines Leistungsfaktors von 0,8 nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$Z_{i_2} = \frac{R_{i_2}}{0{,}8} = 1{,}25\, R_{i_2}.$$

c) Der nach b) gemessene Leerlaufstrom muß folgender Bedingung genügen:

$I_0 < 0{,}1\, x\, I_2$, wenn $n > x$ ist bzw.
$I_0 > 0{,}1\, x\, I_2$, wenn $n < x$ ist.

Beispiel:

Es ist:

Nenn-Sekundärstrom . . $I_2 = 5$ A,
Nennbürde . . . . . . $Z = 1{,}2\ \Omega$,
Ohmscher Widerstand der Sekundärwicklung $R_{i_2} = 0{,}4\ \Omega$.

Es ergibt sich nach b):

Eigenbürde . . . . . $Z_{i_2} = 1{,}25 \cdot 0{,}4 = 0{,}5\ \Omega$,
Leerlaufspannung . . . $U_0 = 0{,}9 \cdot 15{,}5\,(1{,}2 + 0{,}5) = 114{,}75$ V.

Es soll sein:

$n > 15$.

Bei dieser Bedingung für die Überstromziffer n und der errechneten Leerlaufspannung U_0 darf der Leerlaufstrom gemäß c) den Wert $I_0 = 0{,}1 \cdot 15 \cdot 5 = 7{,}5$ A nicht überschreiten.

C. Erwärmung.

§ 15.

Allgemeine Angaben für die Erwärmungsprüfung.

a) Die Erwärmung eines Wandlerteils ist der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der Temperatur der Umgebungsluft.

b) Strom- und Spannungswandler dürfen unter den in § 16 angegebenen Bedingungen die in § 18 angegebenen Grenzwerte der Erwärmung (Grenzerwärmung) nicht überschreiten.

c) Die Erwärmungsprüfung ist nach den Bestimmungen von VDE 0532 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren" vorzunehmen, soweit nicht in § 16 anderes festgelegt ist.

§ 16.

Durchführung der Erwärmungsprüfung.

a) Die Erwärmung der Wicklungen wird durch Messung der Widerstandszunahme festgestellt (siehe VDE 0532/XII. 37, § 37), die Erwärmung des Öles wird in der wärmsten Schicht, die Erwärmung des Eisenkerns bei Trockenwandlern an der vermutlich wärmsten zugänglichen Stelle mit dem Thermometer bestimmt. Bei dicken Kupferschienen kann auch die Wicklungserwärmung mit dem Thermometer gemessen werden.

Für die Feststellung der Erwärmung wird vorausgesetzt, daß der Beharrungszustand der Temperaturverteilung erreicht ist (Dauerprüfung).

Die betriebsmäßig vorgesehenen Umhüllungen und Abdeckungen dürfen nicht entfernt werden.

b) Die Erwärmung von Stromwandlern ist bei Nennbürde und 1,2-fachem Nennstrom festzustellen; die Erwärmung von Spannungswandlern ist bei dem der Grenzleistung entsprechenden Widerstand im Sekundärkreis und 1,2-facher Nennspannung festzustellen.

c) Bei Einphasen-Spannungswandlern, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden können, ist unmittelbar nach der Dauerprüfung die Erwärmung festzustellen, die nach 2-stündigem Betrieb mit $1{,}2 \cdot \sqrt{3}$-facher Nennspannung bei unverändert gelassenem Belastungswiderstand auftritt.

d) Bei Fünfschenkel-Spannungswandlern ist unmittelbar nach der Dauerprüfung die auf dem mittleren Schenkel befindliche Oberspannungswicklung bei unverändert gehaltenen Dreieckspannungen und unverändertem Belastungswiderstand kurzzuschließen und nach 2-stündigem Betrieb die Erwärmung festzustellen. Dabei sind die der Grenzleistung entsprechenden Belastungswiderstände in Stern zu schalten und der Belastungssternpunkt ist mit dem Sternpunkt der Sekundärwicklungen zu verbinden.

§ 17.

Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe.

Tafel VIII.

Wärmebeständigkeitsklassen.

1	2	3
Klasse	Isolierstoff	Behandlung
A	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe	Getränkt [1]) oder in Füllmasse[1])
A_0	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe Lackdraht	unter Öl
B	Glimmer- und Asbestpräparate und ähnliche mineralische Stoffe	mit Bindemitteln
	Lackdraht	—
C	Glimmer	ohne Bindemittel
	Porzellan, Glas, Quarz und ähnliche feuerfeste Stoffe	—

[1]) Eine Isolierung wird als „getränkt" bezeichnet, wenn die Luft zwischen den Fasern weitgehend durch einen geeigneten Stoff ersetzt wird.

Sind diese Zwischenräume ausgefüllt, so wird die Isolierung als „in Füllmasse" bezeichnet.

Das Tauchen einer mit ungetränktem Draht gewickelten Spule ohne Anwendung von Druck oder Vakuum gilt nicht als Tränkung.

Von einem brauchbaren Tränkmittel wird verlangt, daß es gute Isoliereigenschaften hat, daß es die Fasern vollständig einhüllt und sie aneinander und am Leiter haften läßt, daß es bei der zugelassenen Grenztemperatur nicht tropfbar weich wird und daß es wärmebeständig ist.

Von einer brauchbaren Füllmasse wird verlangt, daß sie gute Wärmeleitfähigkeit und erforderliche Isoliereigenschaften hat, daß sie die Hohlräume zwischen den isolierten Leitern praktisch ausfüllt und keine Hohlräume bildet, daß sie bei der zugelassenen Grenztemperatur nicht tropfbar weich wird und daß sie wärmebeständig ist.

§ 18.

Grenzerwärmungen.

a) Die Grenzerwärmungen sind in Tafel IX zusammengestellt. Sie gelten unter der Voraussetzung, daß die Temperatur der Umgebungsluft 35° nicht überschreitet.

b) Die zulässigen Endtemperaturen liegen demnach 35° über den in Tafel IX angegebenen Werten.

Digitized by Google

Tafel IX.

Grenzerwärmungen.

1		2	3
Wandlerteil		Isolierung[2]) nach Klasse	Grenzerwärmung °C
Wicklungen	einlagige, blanke, dauernd kurzgeschlossene	A	65
		A_0	75
		B	85
		C	[1])
	alle anderen Wicklungen	A	60
		A_0	70
		B	80
		C	[1])
Eisenkerne	bei Trockentransformatoren	—	60
	bei Öltransformatoren	—	70
Öl	an der wärmsten Stelle	—	60
Alle anderen Teile	—	—	[1])

[1]) Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile.

[2]) Ungetränkte Isolierstoffe sollen im allgemeinen nicht verwendet werden. Wenn in Ausnahmefällen davon Gebrauch gemacht wird, so sind die Grenzerwärmungen hierfür um 15° gegenüber den für Isolationsklasse A zulässigen Werten zu erniedrigen.

D. Kurzschlußfestigkeit.

§ 19.

Thermischer Grenzstrom.

a) Die Querschnitte der Wicklungen sind so zu wählen, daß der Wandler den thermischen Grenzstrom I_{therm} (siehe § 4 b) ohne Schaden zu nehmen aushält. Diese Bedingung gilt als erfüllt, wenn die Leiter des Wandlers entsprechend b) und c) bemessen sind.

b) Der Querschnitt des Primärleiters ist nach folgender Gleichung zu errechnen:

$$Q = \frac{I_{therm} \cdot 1000}{a} \quad (\text{mm}^2),$$

hierbei gilt:

$a = 180$ A/mm² für Kupfer,
$a = 118$ A/mm² für Aluminium.

Dabei ist vorausgesetzt, daß keine stärker gefährdeten Verbindungsstellen vorhanden sind.

c) Der Drahtquerschnitt der Sekundärwicklung soll dem nach obiger Gleichung errechneten Querschnitt des Primärleiters unter Berücksichtigung der Nennübersetzung entsprechen. Sofern bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung und einem Primärstrom von 0,3 I_{therm}[3]) ein Stromfehler von mehr als 20% auftritt, kann dieser Fehler bei der Bemessung des sekundären Drahtquerschnittes berücksichtigt werden.

§ 20.

Dynamischer Grenzstrom.

a) Die Feststellung des dynamischen Grenzstromes I_{dyn} (siehe § 4 b) braucht für den betreffenden Stromwandlertyp nur einmalig durchgeführt zu werden.

b) Der dynamische Grenzstrom braucht auf dem Leistungsschild nicht angegeben zu werden, wenn er mindestens den Wert $I_{dyn} = 1{,}8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{therm} = 2{,}5\ I_{therm}$ aufweist. Bei Unterschreitung dieses Wertes ist eine Angabe des dynamischen Grenzstromes auf dem Leistungsschild erforderlich.

Der dynamische Grenzstrom wird den Wert beispielsweise dann unterschreiten, wenn eine wesentlich längere Abschaltzeit des Kurzschlußstromes als 1 s verlangt wird und sich damit ein besonders hoher Wert I_{therm} ergibt.

E. Isolation.

§ 21.

Isolationsprüfung.

a) Für die Schlagweiten in Luft gelten die in Tafel X angegebenen Werte.

Für parallel angeordnete Schutzfunkenstrecken gilt die Schlagweite, die entsprechend Tafel X für Innenraumwandler angesetzt ist. Wenn Parallelfunkenstrecken vorhanden sind, dann gelten auch bei Freiluftanlagen für die Phasenabstände die Schlagweiten wie bei Innenraumanlagen.

b) Spannungsprüfungen.

Strom- und Spannungswandler sind zur Prüfung der Isolierfestigkeit der Wicklungsprüfung (§ 22) und der Windungsprüfung (§ 23) zu unterwerfen. Für die Bemessung des Prüfsatzes und der Schalt- und Regeleinrichtungen, sowie für die Durchführung der Prüfung und der Spannungsmessung ist VDE 0442 „Leitsätze für die Ausführung von Hochspannungsprüfungen mit Wechselspannungen" maßgebend. Als Prüfspannungen gelten die den effektiven Spannungen der Tafel X für reine Sinusform entsprechenden Scheitelspannungen, höhere Prüfspannungen sollen nicht gefordert werden.

Sind in besonderen Fällen, z. B. bei Laboratoriumswandlern die Prüfspannungen niedriger als der Reihenspannung entspricht, so wird statt der Reihenspannung die Prüfspannung nach § 29 auf einem besonderen Schild angegeben.

Die Prüfungen der Isolierfestigkeit sind an den neuen trockenen, betriebsfertigen Wandlern mit der vollen Prüfspannung vorzunehmen.

Die Spannungsprüfungen sind mit Rücksicht auf die außerordentliche Beanspruchung der Isolation auf eine Mindestzahl zu beschränken. Es wird daher empfohlen, Wiederholungen der Spannungsprüfungen der Wandler mit einer Spannung von 80% der Prüfspannung nach Tafel X vorzunehmen. Keinesfalls darf bei der Wiederholung mit mehr als 80% der Prüfspannung geprüft werden, wenn eine Abnahmeprüfung mit der vollen Prüfspannung beim Abnehmer oder Hersteller im Beisein oder Einverständnis beider Parteien stattgefunden hat.

Die Überschlagsgrenze soll gleich dem 1,1-fachen, die Gleitfunkengrenze gleich dem 0,8-fachen der Prüfspannung sein. Die Werte werden auf 20° und 760 Torr bezogen.

c) Spannungsprüfung gebrauchter oder ausgebesserter Wandler.

Gebrauchte oder ausgebesserte Wandler werden mit einer Spannung geprüft, die innerhalb der Garantiezeit 80% der Prüfspannung[4]) und nach Ablauf der Garantiezeit 70% der Prüfspannung des neuen Wandlers beträgt.

Bei vollständiger Erneuerung der Isolation gelten die Prüfspannungen[4]) für neue Wandler.

d) Dielektrische Verlustmessungen.

Bei wertvollen Prüflingen wird empfohlen, die dielektrischen Verluste während der Steigerung der Spannung bis zur Prüfspannung und während der Prüfdauer zu messen.

Diese Empfehlung hat den Zweck, Erfahrungswerte zu sammeln. Sie ist jedoch nicht als Grundlage für Abnehmevorschriften gedacht.

§ 22.

Wicklungsprüfung.

a) Für die Prüfung der Isolation der Primärwicklung von Strom- und Spannungswandlern gegen die mit dem metallischen Gehäuse oder dem Kern verbundene Sekundärwicklung gelten die in Tafel X angegebenen Prüfspannungen.

b) Die Prüfspannung für die Sekundärwicklung beträgt einheitlich 2 kV.

c) Die Prüfdauer der Wicklungsprüfung beträgt 1 min.

d) Bei Spannungswandlern, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden können, und bei denen eine Klemme der Primärwicklung nur für die Sekundärspannung isoliert ist, wird die Wicklungsprüfung der Primärwicklung mit 2 kV ausgeführt.

e) Zur Prüfung der Isolation von einzelnen Teilen der Primär- oder Sekundärwicklung gegeneinander, die betriebsmäßig zur Änderung des Übersetzungsverhältnisses umschaltbar sind, ist jeder dieser Wicklungsteile gegen die übrigen mit dem Gehäuse verbundenen anderen Teile mit 2 kV zu prüfen.

§ 23.

Windungsprüfung.

a) Stromwandler. Zur Prüfung der Isolation der Windungen gegeneinander sollen Stromwandler, die betriebsmäßig gegen Öffnen des Sekundärkreises nicht durch eine selbsttätige Kurzschlußvorrichtung geschützt sind, bei offener Sekundärwicklung 1 min lang mit primärem Nennstrom gespeist werden.

Ist diese Prüfung nicht möglich, so ist die Windungsprüfung von der Sekundärseite aus mit Nennstrom auszuführen, wobei die Spannung praktisch sinusförmig sein soll. Wird eine Spannung von 1000 V (Effektivwert) schon bei geringerer Stromstärke erreicht, so ist die Prüfung bei dieser Stromstärke auszuführen.

Um Restmagnetisierungen bei dieser Prüfung zu vermeiden, muß der Strom allmählich auf den Prüfstrom gesteigert und ebenso allmählich wieder vermindert werden.

[3]) Der Primärstrom von 0,3 I_{therm} entspricht ungefähr dem Strom, der dem Wandler 10 s lang (praktisch längste Dauer eines Kurzschlusses) zugemutet werden kann.

[4]) Entsprechend den „Regeln für Wandler", die für die erste Lieferung der betreffenden Wandler maßgebend waren.

Digitized by Google

b) Spannungswandler. Zur Prüfung der Isolation der Windungen gegeneinander sollen Spannungswandler bei offenen Sekundärwicklungen während der Dauer von 5 min an die der Tafel X entsprechende Prüfspannung gelegt werden.

Ist die Stromaufnahme unzulässig hoch, so ist die Frequenz zu steigern.

Ist die Windungsprüfung von der Primärseite aus nicht möglich, so kann sie durch entsprechende Erregung von der Sekundärseite aus bei offener Primärwicklung ausgeführt werden.

Bei Spannungswandlern mit primärer Umschaltung ist die Windungsprüfung in beiden Schaltungen je 2½ min lang durchzuführen.

Bei Einphasen-Spannungswandlern, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden können, ist für die Bestimmung der Prüfspannung nicht die Nennspannung, sondern die Dreieckspannung maßgebend.

Bei Fünfschenkelwandlern kann die Windungsprüfung für jeden Schenkel getrennt ausgeführt werden; die Wicklungen der beiden anderen Schenkel sind hierbei kurzzuschließen.

§ 24.

Isolatorenprüfung.

a) Für die Prüfung der Isolatoren sind die Reihenprüfspannungen nach Tafel X maßgebend.

b) Die Prüfung kann entweder an den Isolatoren vor ihrem Zusammenbau mit dem Wandler jedoch mit zugehörigem Flansch oder an Isolatoren gleicher Bauart verlangt werden. Sie ist bei Isolatoren für Innenraumwandler in trockenem Zustand, bei Freiluftwandlern unter Regen gemäß VDE 0446 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an" vorzunehmen.

Tafel X.

Schlagweiten und Prüfspannungen für Wandler.

1	2	3	4	5	6
Spannungswerte in kV		Schlagweiten in mm		Prüfspannungen	
Reihenspannung	höchstzulässige Netzspannung	Wandler für Innenraum	Wandler für Freiluft	Isolator- u. Wicklungsprüfung kV	Windungsprüfung bei Spannungswandlern[4])
0,5	0,6	10	—	3	2,5 U_n
1	1,15	40	—	10	2,5 „
3[1])	3,45	75	—	26	2,5 „
6[1])	6,9	100	—	33	2,5 „
10	11,5	125	180	42	2,5 „
20	23	180	260	64	2,5 „
30	34,5[2])	260	360	86	2.3 „
45	51,8	360	470	119	2,2 „
60	69	470	580	152	2,1 „
80	92	580	720	196	2,0 „
100	115	720	900	240	2,0 „
120	138	900	1120	284	2,0 „
150	173	(1120)[3])	1450	350	2,0 „
200	230	(1500)[3])	2000	460	2,0 „

[1]) In Deutschland nur für geschlossene und gekapselte Geräte (Schutzarten P 33 und P 44 nach DIN VDE 50, Beiblatt 3) zulässig.

[2]) Für Erweiterungen bestehender Anlagen mit 35 kV Betriebsspannung dürfen ausnahmsweise Geräte der Reihenspannung 30 kV eingebaut werden.

[3]) Nur gültig für die Schlagweite der Schutzfunkenstrecken an Freiluftwandlern.

[4]) Die Prüfspannung für die Windungsprüfung richtet sich nach der Nennspannung U_n und nicht nach der Reihenspannung. Bei Spannungswandlern, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden können, ist anstelle der Nennspannung die Dreieckspannung einzusetzen. Bei Zwischenwerten ist die Prüfspannung der nächstniedrigeren Reihenspannung maßgebend.

§ 25.

Erdung.

a) An dem Gehäuse bzw. an den mit dem Kern in guter Verbindung stehenden metallischen Konstruktionsteilen ist ein besonders gekennzeichneter Erdungsanschluß vorzusehen, der ausreichend bemessen und leicht zugänglich sein muß.

Bei Spannungswandlern, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden können, ist das zu erdende Ende für die Sekundärspannung isoliert herauszuführen. Die zu erdende Klemme ist durch einen lösbaren Bügel mit dem Gehäuse zu verbinden.

Für die Ausführung der Erdungen gelten VDE 0141 „Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen" und VDE 0140 „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V".

b) Stehen abweichend von a) Gehäuseteile oder Kern betriebsmäßig unter Spannung, so sind diese Teile durch einen Blitzpfeil zu kennzeichnen.

F. Bezeichnungen und Leistungsschilder.

§ 26.

Bezeichnung der Bauarten.

a) Die Bauart der Wandler wird durch eine Reihe von großen Buchstaben gekennzeichnet:

Erster Buchstabe: Art der Isolierung der Primärwicklung.

T = Trockenisolierung (Luft oder lackisolieter Faserstoff),
O = Öl-Isolierung,
M = Masse-Isolierung,
P = Porzellan-Isolierung,
I = Preßstoff-Isolierung.

Zweiter Buchstabe: Bauweise des Wandlers.

T = Topfwandler,
S = Stützerwandler,
D = Durchführungswandler,
U = ungeschützter Wandler (ohne Gehäuse).

Dritter Buchstabe: Bauweise der Wicklung.

S = Stabstromwandler (die Primärwicklung besteht aus einem Leiter, gleichgültig, ob er einen Konstruktionsteil des Wandlers bildet oder nicht),
W = Wickelstromwandler (die Primärwicklung besteht aus mehreren Windungen),
E = Einpolig isolierter Spannungswandler,
Z = Zweipolig isolierter Spannungswandler,
D = Dreipolig isolierter Spannungswandler (Drehstromwandler, Fünfschenkelwandler).

b) Außerdem ist bei allen Wandlern, die nicht in beliebiger Art eingebaut werden können, durch folgende Symbole die Einbauart zu bezeichnen:

↑ = nur für Einbau mit Isolatoren nach oben geeignet.
→ = nur für Einbau mit Isolatoren nach der Seite geeignet.
↓ = nur für Einbau mit Isolatoren nach unten geeignet.

Alle Wandler, die eine besondere Bezeichnung der Einbauart nicht besitzen, müssen so eingerichtet sein, daß sie in allen Lagen betriebsmäßig eingebaut werden können.

Beispiel:

↑ *OTZ* = Öl-Topfspannungswandler, zweipolig isoliert, nur für Einbau mit Isolatoren nach oben geeignet.

§ 27.

Bezeichnung der Anschlußklemmen.

A. Allgemeines.

a) Die Anschlüsse sollen entsprechend VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen" bezeichnet werden.

b) Die einzelnen Anzapfungen einer Wicklung erhalten dieselben Buchstaben als Klemmenbezeichnung wie das entsprechende Wicklungsende. Das Wicklungsende wird mit der Beiziffer *1*, die Anzapfungen mit abnehmender Windungszahl mit fortlaufender Beiziffer *2*, *3* usw. versehen.

c) Sind mehrere untereinander gleiche Wicklungen vorhanden, die einander parallel geschaltet werden können, so erhält die erste zu den im übrigen gleichlautenden Bezeichnungen als Kennzeichen den Beibuchstaben ***a***, die zweite den Beibuchstaben *b* usw.

d) Der Erdungsanschluß ist mit dem Erdungszeichen ⏚ nach DIN VDE 11[5]) zu kennzeichnen.

B. Stromwandler.

e) Die Anschlüsse der Primärwicklung der Stromwandler werden durch die Buchstaben **K** und **L**, die der Sekundärwicklung durch die Buchstaben *k* und *l* bezeichnet. Anzapfungen sind auf die *l*-Seite zu legen[6]).

f) Bei Stromwandlern mit mehreren Kernen sind die Anschlüsse der Sekundärwicklung des ersten Kernes mit ***1 k*** bzw. ***1 l***, die des zweiten mit *2 k* bzw. *2 l*, die des dritten mit ***3 k*** bzw. ***3 l*** zu bezeichnen. Die Kernziffern müssen auf dem Leistungsschild vermerkt sein. Es wird empfohlen, die Kernziffer *1* dem Kern mit der größten Genauigkeit zuzuweisen.

C. Einphasen-Spannungswandler.

g) Die Anschlüsse der Primärwicklung von Einphasen-Spannungswandlern, deren beide Pole voll isoliert sind, werden durch die Buchstaben **U** und **V**, die der Sekundärwicklung durch die Buchstaben *u* und *v* bezeichnet. Anzapfungen sind auf die *u*-Seite zu legen[6]).

h) Die Anschlüsse der Primärwicklung von Einphasen-Spannungswandlern, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden dürfen, werden durch die Buchstaben **U** und **X**, die der Sekundärwicklung durch die Buchstaben *u* und *x* bezeichnet, wobei **X** den schwächer isolierten Pol kennzeichnet.

[5]) In Vorbereitung.
[6]) Ausnahmen sind bei Wandlern für Sonderzwecke, wie Laboratoriumswandlern usw., zulässig.

Digitized by Google

i) Bei Spannungswandlern mit mehreren Sekundärwicklungen wird deren Bezeichnung sinngemäß wie bei Stromwandlern mit mehreren Kernen durchgeführt (also *1 u*, *1 v*, *2 u*, *2 v* usw.). Hilfswicklungen für Erdschlußschutz erhalten dagegen die Bezeichnungen *e* und *n*.

k) Bild 1 von Tafel XI zeigt die Sternschaltung dreier Einphasen-Spannungswandler, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden können, mit geerdetem hochspannungsseitigem Sternpunkt und mit Hilfswicklungen für Erdschlußschutz.

D. Dreiphasen-Spannungswandler.

l) Die Anschlüsse der Primärwicklung von Dreiphasen-Spannungswandlern werden durch die Buchstaben **U**, **V**, **W**, die der Sekundärwicklung durch die Buchstaben *u*, *v*, *w* bezeichnet.

m) Sternpunkte werden mit **Mp** bzw. *mp* bezeichnet.

n) Dreiphasen-Spannungswandler sind nach der Schaltgruppe A_2 (siehe § 8 von VDE 0532/XII. 37) zu schalten (Bild 2 in Tafel XI).

o) Bei Mehrphasen-Spannungswandlern mit magnetischem Rückschluß, die eine Hilfswicklung für Erdschlußschutz tragen, sind die Anschlüsse dieser Wicklung mit den Buchstaben *e* und *n* zu bezeichnen (Bild 3a und 3b in Tafel XI).

Tafel XI.

Bild	Schaltung		Schaltbild Ober-spannung (primär)	Schaltbild Unter-spannung (sekundär)
1	Drei Einphasen-Spannungswandler, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden können, mit Hilfswicklung für Erdschlußschutz			
2	Dreiphasen-Spannungswandler entsprechend Schaltgruppe A_2			
3	Dreiphasen-Spannungswandler mit magn. Rückschluß und Hilfswicklungen für Erdschlußschutz	a		
		b		

§ 28.
Leistungsschild für Stromwandler.

a) Jeder Stromwandler muß ein Leistungsschild tragen, auf dem deutlich und haltbar folgende Angaben gemacht werden müssen:

1. Name des Herstellers oder Lieferers oder dessen Firmenzeichen.
2. Fertigungsnummer.
3. Reihenspannung. (Ist die Prüfspannung in besonderen Fällen, z. B. bei Laboratoriumswandlern, niedriger als der Reihenspannung entspricht, dann wird die Reihenspannung auf dem Leistungsschild nicht angegeben, dagegen aber die Prüfspannung auf einem besonderen Schild.)
4. Bauartbezeichnung nach § 26.
5. Nennfrequenz bzw. Nennfrequenzbereich in Per/s.
6. Thermischer und dynamischer Grenzstrom in kA (siehe § 20).
7. Primärer und sekundärer Nennstrom in A.
8. Nennbürde in Ω oder Nennleistung in VA.
9. Klassenzeichen entsprechend § 11.
10. Überstromziffer.
11. Systemzeichen Ɐ mit Systemnummer, sofern der Wandler von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) zur Beglaubigung zugelassen ist.
12. Formbezeichnung des Herstellers.

b) Bei zwei oder mehreren Kernen sind die Angaben unter Ziffer 7 bis 10 für alle Kerne unter Hinzufügung der Kernbezeichnung erforderlich.

c) Die Anordnung der Schildangaben ist entsprechend dem Beispiel Abb. 1 auszuführen.

d) Bei Stromwandlern, die bei Nennstrom und geöffneten Sekundärklemmen eine sekundäre Klemmenspannung von mehr als 250 V aufweisen, ist ein Zusatzschild mit folgendem Wortlaut anzubringen: „Achtung! Hochspannung bei geöffneten Sekundärklemmen!"

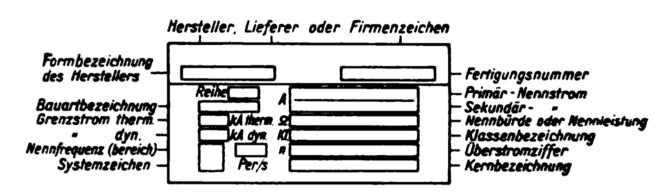


Abb. 1. Beispiel eines Leistungsschildes für Stromwandler.

§ 29.
Leistungsschild für Spannungswandler.

a) Jeder Spannungswandler muß ein Leistungsschild haben, auf dem deutlich und haltbar die folgenden Angaben gemacht werden müssen:

1. Name des Herstellers oder Lieferers oder dessen Firmenzeichen.
2. Fertigungsnummer.
3. Reihenspannung. (Ist die Prüfspannung in besonderen Fällen, z. B. bei Laboratoriumswandlern, niedriger als der Reihenspannung entspricht, dann wird die Reihenspannung auf dem Schild nicht angegeben, dagegen aber die Prüfspannung auf einem besonderen Leistungsschild.)
4. Bauartbezeichnung (nach § 26).
5. Nennfrequenz bzw. Nennfrequenzbereich in Per/s.
6. Primäre und sekundäre Nennspannung in V.

   Bei Einphasen-Spannungswandlern, die nur zwischen Leiter und Erde geschaltet werden können, sowie bei Fünfschenkelwandlern ist die Nennspannung in der Form Netzspannung / $\sqrt{3}$ anzugeben. [Vgl. § 3b).]
7. Nennleistung und Grenzleistung in VA.
8. Klassenzeichen entsprechend § 11.
9. Systemzeichen Ɐ mit Systemnummer, sofern der Wandler von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) zur Beglaubigung zugelassen ist.
10. Formbezeichnung des Herstellers.

b) Bei zwei und mehreren Wicklungen sind die Angaben unter Ziffer 6 bis 8 für alle Wicklungen unter Hinzufügung der Wicklungsbezeichnung erforderlich.

c) Die Anordnung der Schildangaben ist entsprechend dem Beispiel Abb. 2 anzuführen.

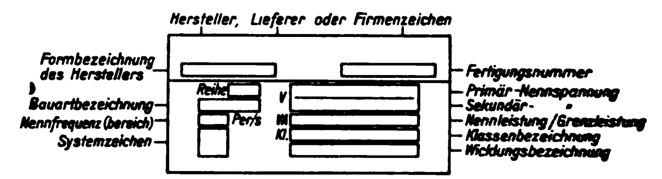


Abb. 2. Beispiel eines Leistungsschildes für Spannungswandler.

§ 30.
Zusätzliche Angaben für Fünfschenkel-Spannungswandler.

Bei Fünfschenkel-Spannungswandlern, die eine Hilfswicklung für den Erdschlußschutz besitzen, ist auf dem Leistungsschild diejenige Spannung anzugeben, die bei Belastung des Wandlers mit der Nennleistung an den Klemmen dieser Wicklung im Leerlauf auftritt, wenn eine der Primärwicklungen kurzgeschlossen ist.

§ 31.
Zusätzliche Angaben bei Umwicklung.

Wird die Wicklung eines Wandlers von einem anderen als ihrem Hersteller geändert (teilweise oder vollständige Umwicklung, Umschaltung oder Ersatz), so muß die ändernde Firma die nicht mehr zutreffenden Angaben des ursprünglichen Leistungsschildes als ungültig kennzeichnen und ein weiteres Schild anbringen, das den Namen der ändernden Firma, die neuen Angaben des Wandlers nach §§ 26 bis 30 und die Jahreszahl der Änderung enthält.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.211.9.022.001.4

Wasseraufnahme von gummiisolierten Starkstromkabeln. [Nach R. A. Schatzel u. R. C. Graham; Electr. J. 36 (1939) S. 69; 6 S., 11 Abb.]

Von allen nicht metallischen Körpern für Kabelzwecke hat sich Gummi gegen Feuchtigkeit noch am widerstandsfähigsten erwiesen. Auf dieser Erkenntnis fußend, haben die Verfasser langjährige Untersuchungen über die Wasseraufnahme von Gummikabeln angestellt. Als Maß für die Wasseraufnahme dient ihnen hauptsächlich die Messung der Kapazität (Dielektrizitätskonstante) und der dielektrischen Verluste, deren Veränderung sie über eine Reihe von Jahren an verschiedenen Kabelproben verfolgen. Diese Untersuchungen wurden nach folgenden vier Richtlinien durchgeführt:

1. Qualitative Untersuchung aller auf Feuchtigkeit zurückzuführenden Betriebsdurchschläge.
2. Dauerversuche an verlegten Versuchskabeln bei doppelter Betriebsbelastung.
3. Laboratoriumsdauerversuche (verschiedene elektrische und physikalische Messungen) an langzeitig in Wasser liegenden Kabeln.
4. Beschleunigte kurzzeitige Alterungsversuche an in Wasser liegenden Probekabeln.

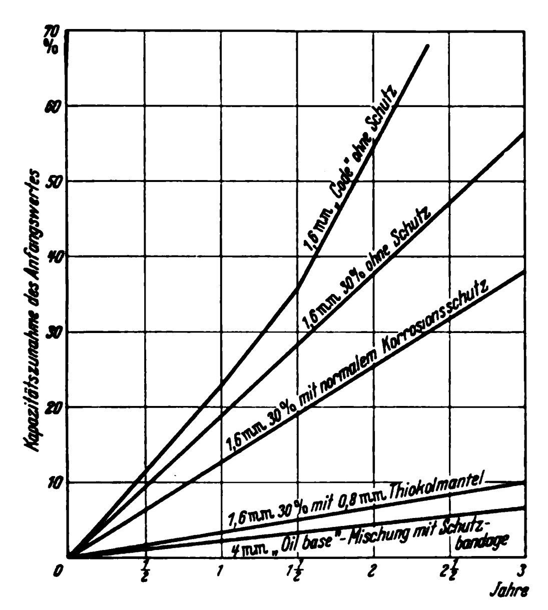


Abb. 1. Kapazitätszunahme von erdverlegten bleimantellosen Starkstrom-Gummikabeln verschiedenen Aufbaues.

Die unter 1 bis 3 angestellten Versuche dienen dabei mehr oder weniger informatorischen Zwecken über die Lebensdauer der Kabel, während mittels der beschleunigten kurzzeitigen Prüfung die Verfasser insbesondere eine fortlaufende Kontrolle über die Gleichmäßigkeit der Gummimischungen (compounds) gewinnen wollen. Bei den nach Punkt 1 durchgeführten Versuchen finden die Verfasser, daß bei durch Feuchtigkeit durchgeschlagenen Kabeln die Isolation oft keine ausgesprochene Durchschlags- oder Brandstelle aufweist. Das Gummi erscheint dabei leicht „geschwollen" und weich und ist gewöhnlich von Korrosionsablagerungen auf dem Leiter begleitet. Verlustwinkelmessungen einer solchen Isolation bei entsprechender Beanspruchung ergaben hierbei als ein Zeichen völliger Instabilität abnorm hohe und beständig steigende tg δ-Werte.

In Abb. 1 sind die Ergebnisse der nach 2 ausgeführten Versuche dargestellt. Hierbei handelt es sich um Kapazitätsmessungen über einen Zeitraum von vier Jahren an erdverlegten bleimantellosen Kabeln unter Betriebsverhältnissen, wobei der Verlegeboden besonders starken Witterungsgegensätzen ausgesetzt war. Die Ergebnisse der Dauerversuche nach Gruppe 3 sind in Abb. 2a und 2b wiedergegeben. Die Proben lagen in Wasser und wurden nur während des Messens elektrisch beansprucht. Die Verfasser weisen dabei besonders auf die Ähnlichkeit der

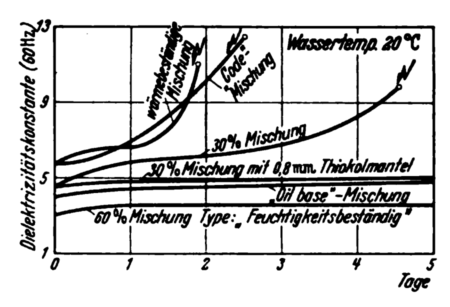


Abb. 2a. Messung der Dielektrizitätskonstanten an verschieden aufgebauten Gummidrähten bei einer Wassertemperatur von 20° C.

Versuchsergebnisse hin, wie aus einem Vergleich der Kurvenscharen von Abb. 1 und Abb. 2a zu ersehen ist. Für die vorliegenden Untersuchungen kamen verschiedenartige Gummimischungen zur Verwendung; z. B. eine Mischung mit 30% Rohgummi (Heveagummi) mit trockenen Mineralfüllstoffen und

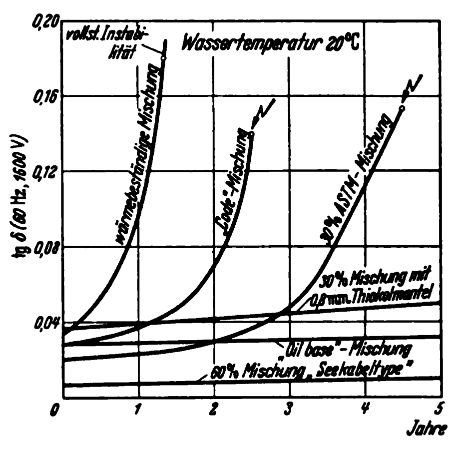


Abb. 2b. Messung des Verlustfaktors an verschieden aufgebauten Gummidrähten bei einer Wassertemperatur von 20° C.

Vulkanisationsmitteln, eine wärmebeständige Mischung mit 35% Rohgummi und besonders schwefelfreien oder schwefelarmen Vulkanisationsstoffen, ferner eine Mischung für Seekabelzwecke mit 60% besonders behandeltem Heveagummi mit nicht absorbierenden Füll- und Vulkanisationsstoffen und schließlich

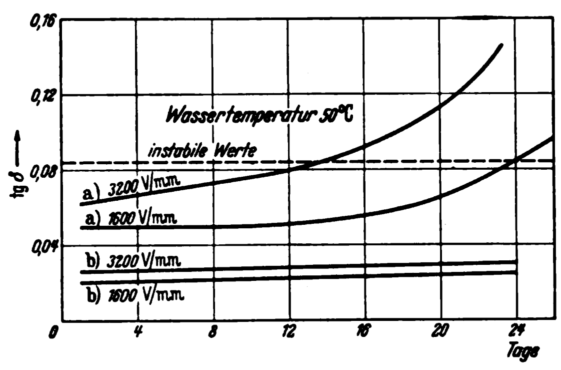


Abb. 3. Messung des Verlustfaktors an beschleunigt gealterten Gummidrähten verschiedenen Aufbaues bei einer Wassertemperatur von 50° C.

eine „Ölmischung" (oil base compound) wegen ihrer Ozonfestigkeit. Die Mischungen entsprachen den A.S.T.M.-Vorschriften.

Auffallend ist nach Abb. 2b die geringe Stabilität der wärmebeständigen Mischung, wie auch im allgemeinen die tg δ-Werte sämtlicher Gummimischungen recht hoch liegen. Die be

Digitized by Google

schleunigten Alterungsversuche wurden bei einer Wassertemperatur von 50° ausgeführt; die verwandten Meßfeldstärken betrugen rd. 1600 bis 3200 V/mm. Abb. 3 zeigt solche Kurzzeit-tg δ-Kurven von einer guten und schlechten Mischung.

Die Verfasser erörtern weiter die Mängel, welche der „70° mechanischen Prüfung" anhaften, die von vielen Abnahmevorschriften verlangt wird und kommen zu dem Schluß, daß sowohl für einwandfreie mechanische, wie für die elektrischen Messungen bei Verwendung ausreichender Feldstärken die Wassertemperatur 50°C nicht überschreiten soll. Desgleichen führen die Verfasser noch einige Faktoren an, die bei solchen Untersuchungen zu Fehlschlüssen in der Beurteilung des Einflusses der Feuchtigkeit Anlaß geben könnten. Dabei geben die Verfasser an, daß durch Zusatz einer Thiokoldecke die Wasseraufnahme von normalen 30% Gummikabeln beträchtlich herabgedrückt werden kann.

Zum Schluß weisen die Verfasser daraufhin, daß die Widerstandsfähigkeit des Gummis gegen Wasser durch Reinigung und „Deproteinieren" wesentlich erhöht werden kann und geben die einschlägigen Schrifttumshinweise. *itt.*

DK 621.311.22(94)

Ausbau des Elektrizitätswerkes Perth. [Nach Engineering 147 (1939) S. 105; 1½ S., 2 Abb.]

Der Bau des ursprünglichen Werkes, das hauptsächlich zur Stromversorgung der Städte Perth und Fremantle mit ihren Umgebungen dient, erfolgte im Jahre 1913 mit 5 Niederdruckturbinen für 16 at, 315° C mit zusammen 32 000 kW. Erzeugt wurde Drehstrom von 6,3 kV, 40 Hz. Für das Stadtversorgungsgebiet von Perth ist ein 6 kV-Kabelnetz, für die entfernteren Gebiete sind mehrere 20 kV-Freileitungen mit Unterwerken vorhanden. Für den erforderlichen Ausbau des Werkes wurde 1934 eine weitere 25 000 kW-Einheit in einem Eisenbetonbau geplant und Anfang 1939 in Betrieb genommen. Dabei wird Kohle mit verhältnismäßig niedrigem Heizwert und hohem Wassergehalt in Form von Staubkohle verwertet. Die Dampfeintrittswerte der neuen Einheit sind 46 at, 440° C; der Dampf wird in drei Kesseln mit einer Normalleistung von 46 t/h und einer Höchstleistung von 61,5 t/h erzeugt. Die eingebauten Vorwärmer, Überhitzer und Speisepumpen sind nach neueren Gesichtspunkten ausgeführt. Der Antrieb der Mühlen und Lüfter erfolgt durch gekapselte Motoren. Die Anlage besitzt Elektrofilter zur Reinigung der Rauchgase. Die Rohrleitungen sind geschweißt ausgeführt; die Verbindung von alter und neuer Anlage erfolgt durch Druckminderventile und einen Vorwärmer. Die Turbine ist zweizylindrig und ist für 20000 kW Dauer- sowie 25000 kW Spitzenleistung bei 2400 U/min bemessen. Der unmittelbar gekuppelte Drehstromgenerator hat eine Leistung von 31 250 kVA bei 6,3 kV und 40 Hz. Die Erregerwicklung wird von der unmittelbar gekuppelten Erregermaschine des Maschinensatzes gespeist. Der Ständer der Hauptmaschine ist aus Blechen und Rohren elektrisch geschweißt. Der sorgfältig ausgewuchtete Läufer hat Längsbelüftung. Bei der vorgesehenen Kreislaufkühlung wird die Luft weitgehend gefiltert und gereinigt. Der Eigenbedarf wird durch einen 1000 kVA-Transformator versorgt. Die Schaltanlage ist metallgekapselt und hat als Leistungsschalter Ölschalter. *Tsch.*

DK 621.316.57.064.45

Betriebsuntersuchungen an einem Leistungstrennschalter mit Drucklufterzeugung durch Federkraft. [Nach G. F. Ruegg, Bull. schweiz. elektrochn. Ver. 30 (1939) S. 160; 2½ S., 10 Abb.]

Im Fernheizkraftwerk der Eidgenössischen Hochschule zu Zürich wurde ein Leistungstrennschalter einer Prüfung hinsichtlich seines Abschaltvermögens unterzogen. Der Schalter ist nach Art eines Schubtrennschalters gebaut, dessen beweglicher Schaltstift mechanisch mit einem Leichtmetallkolben verbunden ist. Beim Ausschalten durch Federkraft wird durch den Kolben in einem Zylinder Druckluft erzeugt, welche durch die hohle Kolbenstange zur Trennstelle geleitet wird und dort durch eine Düse den Abschaltlichtbogen bebläst. Der Druck im Zylinder beträgt etwa 0,3 at, die Luftgeschwindigkeit wurde zu rd. 150 m/s festgestellt, während der Schaltstift sich mit etwa 0,7 m/s nach unten bewegt. Im eingeschalteten Zustand werden die Abschaltkontakte durch besondere Lamellen überbrückt.

Als Belastung wurde ein rein ohmscher Widerstand in Form von 1 bzw. 2 Elektrokesseln benutzt. Die Belastung war also rein ohmisch, der cos φ mit Rücksicht auf die Induktanz des Netzes nahezu gleich 1. Die Betriebsspannung betrug 6 kV. Bei Abschaltströmen von 200 und 300 A ergab sich eine Lichtbogendauer von einer Halbwelle, dabei wurde nur ein geringer Feuerschein beobachtet. Bei 400 A, was dem doppelten Nennstrom entspricht, stieg die Lichtbogenspannung auf 3 Halbwellen an, der Lichtschein war beim Abschalten, wie aus einem beigegebenen Lichtbild zu erkennen ist, schon recht beträchtlich, jedoch ist es nicht zu Phasenkurzschlüssen gekommen. *W. Kn.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.322.045.59

Drehstromgeneratoren mit Ständerwicklung für 42 und 50 Hz. [Nach G. Rebora, Elettrotecnica 26 (1939) S. 34; 4 S., 9 Abb.]

In Italien ergeben sich durch die vorhandenen verschiedenen Drehstromfrequenzen, nämlich 42 und 50 Hz, oft besondere Aufgaben. So will man die Generatoren je nach Erfordernis mit der einen oder der anderen Frequenz arbeiten lassen. Seit einigen Jahren werden solche Maschinen für 2 Frequenzen immer häufiger eingesetzt. Natürlich sollen Änderungen in Aufbau und Betrieb bei Frequenzwechsel möglichst geringfügig sein.

Beim Übergang von 42 auf 50 Hz ist die Drehzahl entsprechend heraufzusetzen, die abgegebene Wirk- und Scheinleistung bleibt dagegen konstant. Die gebräuchlichen Lösungen sind folgende:

1. Ständerwicklung ohne Anzapfungen. Der Betrieb läßt sich auf 2 Arten durchführen:
   a. die Drehstromspannung bleibt unverändert. Die Erregung wird auf etwa 85% bei Vollast herabgesetzt. Die Kurzschlußkennlinie bleibt die gleiche wie bei 42 Hz. Jedoch steigt die Spannungsänderung bei Vollast um 50 bis 75% an, der selbsttätige Regler hat also entsprechend mehr auszugleichen.
   b. Die Spannung steigt verhältnisgleich mit Drehzahl und Frequenz. Ankerstrom und Ankerrückwirkung gehen auf 84% zurück, damit auch der Vollasterregerstrom um rd. 10%. Streuspannung und Kurzschlußkennlinie bleiben unverändert. Es ist aber ein Austausch der Umspanner zwischen Generator und Netz notwendig, oder man gibt diesen Umspannern besondere Anzapfungen, damit die Spannung im Netz ihren alten Wert behält.
2. Ständerwicklung mit Anzapfungen. Bei gleichbleibender Spannung sind für 50 Hz 16% der Windungen abzuschalten; je nach Aufbau der Ständerwicklung sind 8 bis 20% gebräuchlich, meist wählt man etwa 9 bis 10%. Besonders bei größeren Maschinen sind die Schaltwindungen möglichst gleichmäßig am Ankerumfang zu verteilen, sonst entstehen ungleichmäßige Ankerrückwirkungen, Oberwellen und zusätzliche Verluste. Als Beispiel werden Wicklungsschemen ohne und mit Verteilung der Schaltwindungen gezeigt. Da die Verminderung der Windungszahl bei der Umschaltung meist nicht ganz ausreicht und außerdem die Ankerrückwirkung zurückgeht, ist die Erregung noch entsprechend herabzusetzen. Der Kurzschlußstrom steigt umgekehrt proportional dem Anzapfungsverhältnis k. Die Streuspannung ist verhältnisgleich $50/42 \cdot k^2$.
3. Ständerwicklung mit Umschaltung von Stern auf Zickzack. Da eine Herabsetzung der wirksamen Windungszahl auf 0,84 notwendig ist, bleibt die Leerlaufkennlinie in Zickzackschaltung für 50 Hz noch 3% zu hoch. Der Erregerstrom bei Vollast ist auf rd. 92% herabzusetzen. Auch hier darf die Wicklung nicht einfach geteilt werden, die beiden Phasenhälften sind vielmehr abwechselnd am Ankerumfang verteilt anzuordnen (erläutert an 2 Wicklungsbeispielen). Wenn sich infolge des Wicklungsaufbaues ungleiche Phasenteile V_1 und V_2 ergeben, so folgt die geometrische Zusammensetzung zur Gesamtspannung aus:

$$R = \sqrt{V_1^2 + V_1 V_2 + V_2^2} = \frac{V}{K+1} \sqrt{K^2 + K + 1},$$

wo

$$K = \frac{V_1}{V_2}, \quad V = V_1 + V_2.$$

Im Idealfall für $V_1 = V_2$ ist $R = 0{,}866$ V, was meist auch bei ungleichen Phasenteilen angenähert erreicht wird. Die Streuspannung beträgt 0,975 vom Wert bei Sternschaltung. Der Kurzschlußstrom wird 10% höher angegeben.

Der Wirkungsgrad des Generators geht bei allen Lösungen etwas zurück, am wenigsten bei Fall 1b) nämlich um 0,1 bis 0,2%, sonst ist 0,6 bis 0,7% bei 50 Hz Betrieb abzusetzen. Die höhere Drehzahl läßt die Verluste durch Reibung und Lüftung etwa auf das 1,7fache ansteigen.

Digitized by Google

Die Eisenverluste gehen wegen der geringeren Erregung nur bei unveränderter Wicklung zurück, sonst steigen sie auch entsprechend an. Im Ständerkupfer sinken die Verluste nur bei Fall 1b, da dort der Ankerstrom zurückgeht, in allen anderen Fällen sind die Kupferverluste bei 50 Hz-Betrieb höher als bei 42 Hz-Betrieb.

Die einzelnen relativen Hauptdaten für den Übergang von 42 auf 50 Hz sind in Tafeln mit zugehörigen Kennlinien übersichtlich zusammengestellt. Die Angaben über Spannungsänderung, Einzelverluste, Erregerstrom und Wirkungsgrad sind darin natürlich nur Durchschnittswerte, da sie vom elektrischen und mechanischen Aufbau der einzelnen Maschine abhängen.

Gegebenenfalls sind bei der erhöhten Betriebsdrehzahl für 50 Hz die mechanische Beanspruchung im Läufer nachzurechnen und die kritische Drehzahl zu überprüfen. Die angegebenen Werte für die Durchgangsdrehzahl der verschiedenen Wasserturbinen-Bauarten erscheint für den Durchschnitt etwas niedrig, in vielen Fällen werden höhere Werte erreicht, bei Franzis- und Pelton-Turbinen beträgt die Durchgangsdrehzahl bis zu 230%, bei Propellerturbinen (Kaplan) bis zu 300%. *Dr. Az.*

DK 621.313.33.013.62

Selbsterregung von Asynchronmaschinen. [Nach C. F. Wagner, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect., S. 47; 4½ S., 13 Abb.]

Werden parallel zur Ständerwicklung von Asynchronmotoren Kondensatoren zwecks Verbesserung des Leistungsfaktors geschaltet, so tritt beim Wegbleiben der Netzspannung Selbsterregung auf. Während hierbei die Frequenz der Spannung und Ströme annähernd bestimmt ist durch die Drehzahl des unter dem Einfluß der Schwungmassen weiter umlaufenden Läufers, hängt die Spannung außer von der Kapazität der Kondensatoren noch von der Leerlaufkennlinie des Motors ab. Die unter Zugrundelegung eines Ersatzschaltbildes mit Berücksichtigung der Sättigung errechneten Werte der Spannung an den Ständerklemmen, des Ständerstromes und des Schlupfes für einen dreiphasigen 11 kW-Asynchronmotor für 220 V, 60 Hz, 1770 U/min werden verglichen mit den bei Leerlauf bzw. bei Belastung gemessenen Werten. Bei Belastung der 3 Phasen durch rein ohmsche Widerstände bzw. durch solche mit einer zusätzlichen geringen Reaktanz ergibt sich ein Grenzwert für den ohmschen Widerstand bzw. für die Impedanz, bei dessen Unterschreitung ein stabiler Betrieb nicht möglich ist. Bei einphasiger Belastung, d. h. wenn 2 Phasen über einen ohmschen Widerstand kurzgeschlossen werden, gilt für die Berechnung ein Ersatzschaltbild, das aus den Ersatzschaltbildern für das positiv und das negativ umlaufende System zusammengesetzt ist unter der Annahme, daß das Superpositionsgesetz auch bei Berücksichtigung der Sättigung gilt. Die Messung bestätigt die Brauchbarkeit dieses Ersatzschaltbildes für die Vorausberechnung der Spannung an den Ständerklemmen und des Schlupfes. Für den Fall, daß die Belastung aus einer zweiten gleichen Asynchronmaschine für 11 kW besteht, die als Motor einen durch einen ohmschen Widerstand belasteten Gleichstromgenerator antreibt, wurde die Spannung an den Ständerklemmen in Abhängigkeit von der Last bei verschiedenen Werten der Kapazität der parallelgeschalteten Kondensatoren ermittelt. Hierbei mußte die zweite Asynchronmaschine durch die zugehörige Gleichstrommaschine hochgefahren werden, wie auch bei den obengenannten Belastungsfällen das Hochfahren der Asynchronmaschine durch einen besonderen Motor erforderlich war. Oszillogramme der Spannung und des Stromes zeigen, daß die Sinusorm der Spannung bei Selbsterregung durch Kondensatoren gut erhalten bleibt, die des Stromes dagegen verzerrt wird. *Klt.*

DK 621.317.381 : 621.317.384 : 621.313.333.2

Hoch- und Auslaufversuche an Kurzschlußankermotoren auf photographischer Grundlage. [Nach R. W. Ager, Electr. Engng. 58 (1939) Trans.Sect, S. 72; 4½ S., 7 Abb.]

Hoch- und Auslaufversuche sind bekannte Verfahren zur Bestimmung von Drehmomenten und Verlusten von Maschinen. Bei größeren Maschinen werden zur Bestimmung der Drehzahl Tachometer oder Tourendynamos mit der Maschine gekuppelt. Diese stellen jedoch für kleinere Maschinen Belastungen dar, die das Ergebnis verfälschen. Das vorliegende Verfahren mißt daher die Zahl der zurückgelegten Umdrehungen und die dazugehörige Zeit, indem die Zeiger eines mit der Maschine gekuppelten Zählwerkes und einer Synchronuhr gleichzeitig photographiert werden. Die Genauigkeit beträgt $^1/_{100}$ Umdrehung bzw. $^1/_{1000}$ s, die Belichtungsdauer etwa $^1/_{500}$ s. Die Messung wird vervollständigt, indem gleichzeitig Strom- und Leistungsmesser mit photographiert werden. Aus den gemessenen Größen, Umdrehungen und Zeit, muß die Drehzahl je Sekunde durch Differentiation abgeleitet werden, die Drehzahländerung, also die Beschleunigung, durch erneute Differentiation. Bei der großen Genauigkeit der abgelesenen Werte erwies sich die tabellarische Differentiation (Differenz der Umdrehung durch Differenz der Zeit) den graphischen Verfahren überlegen. Die Kamera, mit der 40 Bilder hintereinander aufgenommen werden konnten, wird von Hand betätigt. Um die nötige Anzahl von Aufnahmen machen zu können, muß die Hochlaufzeit lang gehalten werden (rd. 50 s), was durch Vergrößerung des Schwungmomentes mittels eines Schwungrades auf etwa das Doppelte des normalen und eine kleine angelegte Spannung (16% des normalen) erreicht wird. Diese Maßnahmen haben den Vorteil, daß der Einfluß von Einschaltvorgängen praktisch ausgeschaltet wird, jedoch den Nachteil, daß die Reibung der Maschine, die bei der niedrigen Spannung in die Größenordnung der elektrisch ausgeübten Drehmomente kommt, den Hochlauf stark beeinflußt. Diese wird daher durch einen Auslaufversuch bestimmt, der nach dem gleichen Verfahren vorgenommen wird.

Fehlerquellen des Verfahrens liegen in ungenauer Kupplung des Zählwerkes mit der Motorwelle und in Frequenzschwankungen des die Synchronuhr speisenden Netzes. Diese können jedoch sehr klein gehalten werden. Besondere Beachtung erfordert jedoch der Zustand der Maschinenlager, deren Reibung sich je nach dem vorherigen Betriebszustand stark ändern kann. Die Versuche werden daher nach längerem Leerlauf der Maschine vorgenommen und statt eines Hochlaufes wird zweckmäßig ein Reversiervorgang aufgenommen. Bei den sorgfältig vorgenommenen Versuchen an zwei 4poligen Doppelkäfigankermotoren für 4,8 und 3,7 kW stimmten die nach den Verfahren bestimmten Drehmomente bis auf 2% mit den aus Bremsversuchen gemessenen überein. *Pz.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.316.99 : 621.396.828

Über Berührungsschutz in der Entstörungstechnik. [Nach H. Bühler, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 11; 2½ S., 3 Abb.]

Bei der aus Anlaß der Entstörung vorgenommenen Beschaltung von elektrischen Maschinen und Kleingeräten ist es wegen der unsymmetrischen Störspannung nicht zu vermeiden, daß auch zwischen spannungführende Leiter und ungeerdete Metallteile Kapazitäten (sog. Berührungsschutzkondensatoren) geschaltet werden. Aus Sicherheitsgründen müssen diese Kondensatoren so bemessen sein, daß bei gleichzeitigem Berühren dieser Metallteile und eines geerdeten Leiters die berührende Person nicht durch den über diese Kapazität fließenden Strom gefährdet werden kann. Zur Ermittlung der gerade noch zulässigen Kapazitätsgröße sind auf Anregung der IFK in mehreren Ländern Versuchsreihen durchgeführt worden.

Die Größe der Kondensatoren wird nicht allein begrenzt durch die Gefahr des Ableitungsstromes, sondern auch durch die Bedingung, daß die Entladungsstromstöße kein unangenehmes Schreckgefühl hervorrufen sollen. Die Versuche erstreckten sich deshalb auf den Vorgang der Entladung der Kapazität bei Gleichstrom, und auf den Stromdurchgang bei einem Wechselstrom von 50 Hz. Die Versuche sollten ferner die verschiedenartige psychologisch-physiologische Wirkung dieser physikalischen Vorgänge klären. Sie haben gezeigt, daß Gefühlsempfindungen einem Proportionalitätsgesetz folgen, bei dem die Ladung und die Spannung eines Kondensators jede für sich Reizursachen darstellen, deren Zunahme einer proportionalen Zunahme der Empfindung entsprechen. Bei Stromdurchgang im Wechselstromfall stellt die Stromstärke und ihre örtliche Dichte die Reizursache dar. Man fand übereinstimmend, daß 0,5 mA der zulässige Grenzwert ist, entsprechend 0,005 µF bei 250 V und 50 Hz. Macht man sich die Auffassung zu eigen, daß der Wechselstrom hier als eine Folge von Entladungs- und Aufladungsstößen aufgefaßt werden kann, so ist ein Zusammenhang zwischen den Vorgängen bei Gleich- und Wechselstrom herstellbar, der zu den IFK-Vorschlägen führt, die folgende Begrenzung fordern:

Wechselstrom: $C\,U = 1.6$ µCoulomb
Gleichstrom: 0 bis 50 V ohne Begrenzung
50 bis 500 V $C\,U^2 = 0{,}001$ F V² (Joule)
über 500 V $C\,U = 2$ µCoulomb.

Andere Vorschläge fordern für Gleichstrom eine strengere Begrenzung. Im Hinblick auf diese Einschränkungen, die der Ent-

Digitized by Google

störung in der Beschaltung auferlegt werden, fordert der Verfasser sehr zu Recht die Mitarbeit des Konstrukteurs bei der Entstörung elektrischer Geräte. Die Arbeit schließt mit einer Aufzählung des einschlägigen Schrifttums. *Nn.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.34 : 621.314.22

Eine neue Einrichtung zum Messen des Übersetzungsverhältnisses von Leistungstransformatoren. [Nach A. Keller, Dissertation T. H. Darmstadt 1938, 38 S.; 14 Abb., 8 Tafeln.]

Die neue Prüfeinrichtung zum Messen des Leerlaufübersetzungsverhältnisses von Leistungstransformatoren weist im Vergleich zu den bisher meist üblichen Verfahren eine wesentliche Vereinfachung und eine beträchtliche Erhöhung der Meßgenauigkeit auf. Das Verfahren beruht auf der Kompensation der Unterspannung des Prüflings gegen einen Teil seiner Oberspannung, wobei zur Erreichung eines großen Übersetzungsmeßbereichs und einer stets genügend großen Kompensationsspannung, die die Verwendung eines einfachen Drehspulmessers mit Trockengleichrichter als Nullgerät ermöglicht, die Unterspannung die mehrfach angezapfte Primärwicklung eines Hilfswandlers mit äußerst geringem Eigenverbrauch speist. Das Nullgerät liegt zwischen der Sekundärwicklung dieses Hilfswandlers und dem parallel zur Oberspannungswicklung des Prüflings geschalteten ohmschen Spannungsteiler. Die hauptsächlichsten Vorteile dieser neuen Prüfeinrichtung gegenüber dem bisher gebräuchlichen Verfahren, das Übersetzungsverhältnis durch Messen der Primär- und Sekundärspannung zu bestimmen, sind:

1. Wesentlich erhöhte Meßgenauigkeit infolge des Kompensationsprinzips, so daß die nach den Regeln der IEC zulässigen Fehlergrenzen eingehalten werden. (Genauigkeit der Prüfeinrichtung 0,1%.)
2. Als Meßspannung genügt das übliche 220 V-Wechselstrom- oder Drehstromnetz, so daß sich Regeleinrichtungen, Hochspannungsapparate und Personal, das im Umgang mit Hochspannung geschult ist, erübrigen.
3. Spannungsschwankungen spielen keine Rolle, da sich dieselben gleichmäßig auf die Ober- und Unterspannung auswirken.
4. Die Messung benötigt nur einen Mann, da nur eine Ablesung erforderlich ist.
5. Infolge des geringen Eigenverbrauchs des Hilfswandlers (rd. 0,006 VA) erfolgt die Übersetzungsmessung auch tatsächlich praktisch im Leerlauf.
6. Der Umstand, daß infolge des Kompensationsprinzips nur praktisch gleichphasige Spannungen miteinander verglichen werden können, ermöglicht das Erkennen von falschen Schaltungen der Prüflinge.

Der vorhandene Übersetzungsmeßbereich von $\ddot{U} = 2{,}08$ bis $\ddot{U} = 312{,}5$ kann durch Reduzierwandler und Zwischenwandler praktisch beliebig nach oben und unten erweitert werden.

Das wegen seiner Verwendung in Prüffeldern und Werkstätten äußerst robust ausgeführte Gerät ist in einem handlichen Tragkoffer mit den Abmessungen 480 × 350 × 160 mm untergebracht und hat ein Gewicht von etwa 13 kg.

DK 529.78 : 621.318.3.025

Antrieb eines Pendels durch einen Wechselstrom höherer Frequenz als die Eigenfrequenz. [Nach A. Soulier, Rev. gen. Électr. 45 (1939) S. 275; 2½ S., 3 Abb.]

Der sowohl bei Einzeluhren wie auch ganz besonders durch das Vordringen der Synchronuhren unverkennbare Zug zum Starkstrombetrieb elektrischer Uhren hat offenbar auch in Frankreich Anstoß zu neuen Entwicklungen gegeben, wo man bisher fast ausschließlich elementbetriebene Uhren mit sekundlichem bzw. halbsekundlichem elektromagnetischen Antrieb eines Pendels durch eine Spule verwendet. Wie sehr man dort dieses System, welches an sich erschütterungsempfindlich ist, aber bei geringem Stromverbrauch sehr gute Gangergebnisse liefert, auch heute noch schätzt, geht aus der Tatsache hervor, daß man dort auch sogenannte Gangreserve-Synchronuhren in Form elementbetriebener Pendeluhren entwickelt hat, die vom Netzwechselstrom mechanisch oder magnetisch synchronisiert werden.

A. Soulier berichtet nun über eine Uhr, bei der man einen Schritt weiter gegangen ist, indem man auf den primären Elementbetrieb des Pendels verzichtet und dieses direkt vom Wechselstrom (50 Hz) antreibt. Es ergibt sich die Aufgabe, die Frequenz des Pendels von nur 1 bzw. 2 Schwingungen in der Sekunde mit der wesentlich höheren Frequenz des Netzstromes in Übereinstimmung zu bringen. Wie die Verfasser theoretisch und experimentell nachweisen, läßt sich dies einfach durch Vorschalten eines Elektrolytkondensators von etwa 250 µF vor die Antriebsspule (vgl. Abb. 4) erreichen.

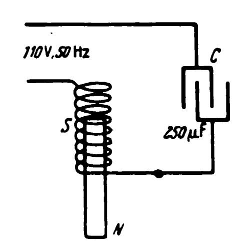


Abb. 4. Schematische Anordnung eines direkten elektromagnetischen Pendelantriebs vom Netzwechselstrom.

Im Gegensatz zu den in Deutschland entwickelten Systemen magnetisch synchronisierter Ankeruhren, bei denen die Schwingung der Unruh von der Netzfrequenz starr abhängig ist, ist hier die Schwingung des Pendels bei richtiger Bemessung völlig unabhängig von der Frequenz des Wechselstromes, was im ersten Augenblick überraschend erscheint. Der Verfasser gibt eine von M. Bethenod entwickelte mathematische Theorie wieder, durch welche die ziemlich komplizierten Schwingungsgleichungen über den Zusammenhang der Stromstärke, der sich bei der Bewegung des Pendelmagneten in der Spule ändernden Selbstinduktion, der Masse und des Drehmomentes analysiert werden. Zur Lösung der Gleichungen wird die vereinfachende Annahme gemacht, daß die Schwingung des Pendels einem Sinusgesetz folgt. Wegen weiterer Einzelheiten, insbesondere über die Einflüsse der Störungen und die zweckmäßigen Größenbemessungen, wird auf die Originalarbeit verwiesen. Aus der mathematischen Entwicklung ergibt sich übereinstimmend mit Versuchsreihen, daß es eine Schwelle der Netzspannung gibt, unterhalb deren das System überhaupt nicht schwingt. *Blz.*

Elektrowärme.

DK 621.365.22 : 669.14

Beitrag zum Duplexverfahren: Thomasbirne-Lichtbogenofen. [Nach R. Graef, Stahl u. Eisen 59 (1939) S. 385; 11 S., 13 Abb.]

Die dem Lichtbogenofen zugeteilte Aufgabe, dem flüssigen Thomasstahl in kurzer Zeit die verlangten chemischen und physikalischen Eigenschaften zu verleihen, bedingt die Durchführung folgender metallurgischen Arbeiten mit dem Einsatz: Entphosphorung, Entschwefelung, Desoxydation, Entgasung, Legieren und Einstellung der verlangten Analyse, Regelung der Stahltemperatur. Die Aufkohlung des Vormetalls wird vorteilhaft mit Koks beim Ausleeren des Konverters vorgenommen. Die Dauer der Entphosphorung und die benötigten Schlackenmengen hängen ab vom Verhältnis des im Einsatz eingebrachten Phosphors zur Höchstgrenze des vorgeschriebenen Phosphors in der Fertiganalyse; sie beträgt im Elektroofen 50 bis 60 min bei einem Stromverbrauch von 80 bis 125 kWh/t. Der Entschwefelungsvorgang verläuft so gleichförmig, daß er analytisch nicht überwacht zu werden braucht und dauert bei harten Stählen 55 bis 65 min, bei weichen Stählen etwas mehr bei einem Strombedarf von 70 bis 110 kWh/t. Die Desoxydationsdauer ist den verlangten Gütewerten anzupassen; ein nachteiliger Einfluß des Stickstoffs konnte nicht festgestellt werden. Der Abbrand an Legierungselementen bewegt sich in den gleichen Grenzen wie bei festem Einsatz. Bei größeren Elektroöfen ist die Auflösungsgeschwindigkeit der Legierungsmetalle nur durch gute Vorwärmung der Ferrolegierungen in erträglichen Grenzen zu halten. Das Einhalten der gewünschten Stahltemperaturen bietet beim Duplexofen keine Schwierigkeiten. Der Abbrand an Graphitelektroden beträgt 1,5 bis 3,0 kg/t Stahl. Hohe Spannungen ergeben einen geringen Elektrodenabbrand bei langsamer Reaktionsgeschwindigkeit während der Desoxydationsdauer. Bei niedriger Spannung steigt der Elektrodenabbrand. Die Zustellungsdauer bei der Verwendung von gepreßtem Dolomitstein ist gegenüber dem Stampfen wesentlich kürzer. Die Schmelzreise der im Duplexverfahren betriebenen Öfen beträgt 2500 Schmelzen und mehr. Die Kühlung der Türöffnungen steigert die Haltbarkeit der Mauerung wesentlich. *Kp.*

DK 621.791.852

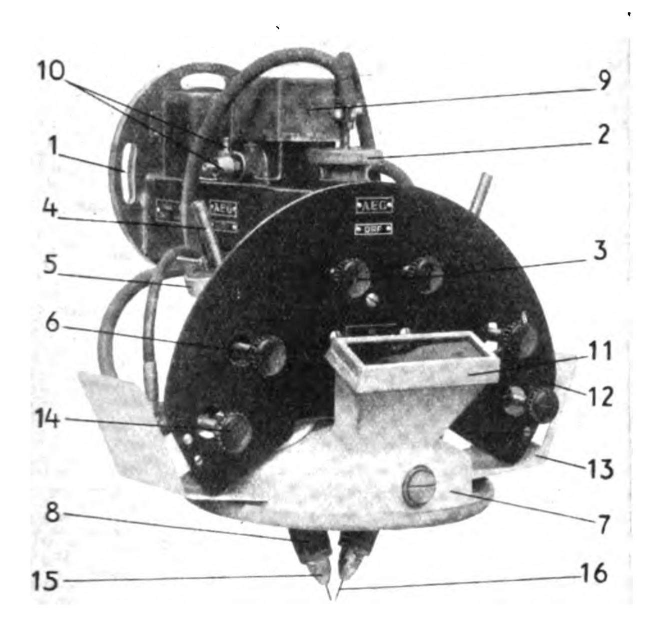
Das Arcatomverfahren und seine maschinelle Anwendung. [Nach E. Thiemer, Elektroschweißg. 10 (1939) S. 43; 4 S., 9 Abb.]

Die Arcatomschweißung — das Lichtbogen-Schutzgas-Schmelzschweißverfahren nach Langmuir — findet infolge seiner Vorzüge immer weitere Verbreitung. Bei der Hand-

Digitized by Google

schweißung wird ein Brenner benutzt, welcher für den üblichen Betrieb gestattet, die zwei Wolframelektroden zur Einhaltung des Lichtbogens um ein bestimmtes Maß während des Schweißens am Handgriff nachzustellen. Die Eigenart und Anwendung des Verfahrens wird als bekannt vorausgesetzt, andernfalls dient ein Hinweis auf das vorhandene Schrifttum.

Das Arcatomverfahren kann unter Benutzung eines zusätzlich entwickelten Schweißkopfes auch maschinell betrieben werden. Dies geschieht für Arbeiten, die auf längere Dauer durchgeführt, gleichbleibende Beschaffenheit der zu fertigenden Stücke verlangen. Abb. 5 zeigt den Aufbau des für maschinelles



1	Aufhängedrehflansch	9	Kühlwasserschalter
2	Kopfeinstellung	10	Wasser- und Gasanschlüsse
3	Elektrodenverschränkung	11	Schauglas
4	Transportspindel	12	Isolierschutzplatte
5	Spreizmutter	13	Schutzblech
6	Elektrodennachschub	14	Hz-Gasventil
7	Schutzhaube	15	Brennerdüsen
8	Elektrodenhalter	16	Wolframelektroden

Abb. 5. Arcatom-Schweißkopf für maschinelles Schweißen.

Schweißen geschaffenen Gerätes. Beide Wolframelektroden von 1,5 bis 3 mm Dmr. je nach Blechdicke, können getrennt in einer Betriebszeit des Schweißkopfes bis zu etwa 3 Std. fortlaufend an hierfür vorgesehenen Drehknöpfen nachgestellt werden. Der Arcatomlichtbogen brennt scheibenförmig und üblicherweise geradlinig zwischen den beiden im Winkel von etwa 45° sich gegenüberstehenden Elektrodenspitzen. Es bildet sich — hauptsächlich bei höherer Leistungszufuhr — an den dickeren Elektroden ein halbkugelförmiges Brennende, das dem Lichtbogen keinen bestimmten Ausgangspunkt bietet. Beim Auftreten von Spannungsänderungen im Netz tritt deshalb gern ein seitliches Verdrehen der Lichtbogenscheibe ein. Dieser Eigenart des Lichtbogens wird begegnet, indem die Elektrodenspitzen seitlich auseinander gestellt, also verschränkt werden. Hierbei nimmt der Lichtbogen, mehr oder weniger ausgeprägt, die Gestalt einer **S**-förmigen Kurvenscheibe an und brennt dann völlig richtungsfest. Zum Schweißen wird vorwiegend der mittlere Steg des **S**-Bogens benutzt. Die günstigste Einstellung dieses Lichtbogens erhält man bei einer Anordnung der Elektrodenebene im Winkel von 40 bis 60° quer zur Schweißfuge.

Die für den Betrieb des Schweißkopfes erforderlichen Bedienungsorgane für die Elektroden und das Wasserstoffgas sind leicht übersichtlich und gegen zufällige Berührung elektrischer Teile gut abgedeckt angeordnet. Alle der Schweißhitze ausgesetzten Teile sind wassergekühlt, die Strahlungswärme wird durch eine gleichfalls wassergekühlte Abdeckhaube mit Schauöffnung von den Apparateteilen ferngehalten. Die für den Schweißvorgang zum Schutz von Elektroden und Schweißstelle erforderliche Wasserstoff-Gasmenge wird am Schweißkopf kurz nach dem Einsetzen der Lichtbogenzündung eingestellt. Vorzeitige Gaszuführung erschwert die Lichtbogenzündung.

Für die Schweißung von einfachem, rostfreiem und hitzebeständigem Stahl sind die ermittelten Leistungs- und Verbrauchsdaten für glatte Stumpfnähte in Kurvenbildern dargestellt. Auf Bördelnähte ist die Art der Schweißkostenermittlung nicht wie erwähnt, sondern nach einem Nachtrag[1]) anzuwenden.

Die maschinelle Schweißung bedingt vor allem eine stets gleichbleibende gute Zuarbeitung des Werkstückes unter Verwendung möglichst einfacher, aber gut spannender Haltewerkzeuge. Die Nahtfuge muß in ganzer Länge gleichmäßig zugepaßt und dicht geschlossen sein. Letzteres ist besonders deshalb erforderlich, weil das maschinelle Arcatomschweißen vorerst noch immer ohne Beigabe von Drahtzusatz ausgeführt wird. Bei Bördelnähten ist Zusatzwerkstoff an sich nicht erforderlich. Für Rohre kleinen Durchmessers läßt sich bis zu gewissen Blechdicken eine Nahtverdickung auch ohne Zusatzdraht durch das Zusammendrücken des Schlitzrohres zwischen den Vorschubrollen erzielen. Solche Rohre lassen sich äußerst stark verformen, ohne daß ein Zerreißen der Naht eintritt; meist wird der ungeschweißte Werkstoff schon früher zerstört.

Die Maschineneinrichtung zur Ausübung des maschinellen Schweißens ist von der Form des Werkstückes abhängig. Häufig kann eine brauchbare Einrichtung durch Benutzung einer aus dem Betrieb genommenen Werkzeugmaschine geschaffen werden. Man braucht dann nur die erforderlichen Zusatzgeräte für die Seiten- und Höhenverstellung des Schweißkopfes anzubauen und die Antriebsgeschwindigkeit anzupassen. Von der Form des Werkstückes ist es abhängig, ob das Vorschubelement an ihm oder am Schweißkopf angesetzt wird. Der Schweißkopf kann an einen fahrbaren Wagen angebaut, zum maschinellen Schweißen von sehr großen Behältern, Kästen, Säulen, Rohren und dgl. benutzt werden. Der beschriebene Arcatomschweißkopf ist eine sehr brauchbare Ergänzung zu den anderen bekannten halb- oder vollselbsttätigen Geräten für Schmelzschweißung. *eb.*

Verkehrstechnik.

DK 625.433.17

Die Galzigbahn bei St. Anton am Arlberg. [Nach W. Wildung, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 299; 3 S., 4 Abb.]

Bei der Galzigbahn ist zum ersten Male die bisher für Personenschwebebahnen höchste Fahrgeschwindigkeit von 5 m/s auf 6 m/s erhöht worden, um die Leistungsfähigkeit zu steigern. Nach den vorliegenden günstigen Erfahrungen ist vorauszusehen, daß nach diesem Erfolg die Fahrgeschwindigkeit bei zukünftigen Schwebebahnen noch höhere Werte erreichen wird. Als elektrischer Antrieb wurde für Zug- und Hilfsseil die bei Seilbahnen mit ihren stark wechselnden Drehmomenten bewährte Leonardsteuerung gewählt, obwohl ursprünglich der billigere Drehstromantrieb vorgesehen war. Da die Leonardausrüstung besonders einfach gehalten und auf die Akkumulatorenbatterie mit ihren hohen Anschaffungs- und Wartungskosten verzichtet wurde, ergab sich gegenüber der Drehstromsteuerung ein verhältnismäßig geringer Preisunterschied. Während bisher für Zug- und Hilfsseilantrieb getrennte Steuerungen verwendet wurden, ist bei dieser Schwebebahn nur ein Umformersatz für beide Antriebsmotoren vorhanden, ohne daß die für diese Bahnen vorgeschriebene Reserve wesentlich eingeschränkt wurde. Der Umformer besteht aus zwei in Reihe geschalteten Generatoren, einer Erregermaschine und einem Drehstromantriebsmotor. Fällt ein Generator aus, so wird mit dem anderen Generator bei halber Geschwindigkeit gefahren. Ist die Erregermaschine beschädigt, so wird sie durch einen der Generatoren ersetzt und die Bahn ebenfalls mit halber Drehzahl betrieben. Fehlt der Antrieb des Umformers durch den Drehstrommotor, so übernimmt ein Benzinmotor mittels Riementriebs diese Aufgabe. Ist der Gleichstrommotor am Zugseil ausgefallen, so kann der Motor am Hilfsseil auf die Zugseilscheibe geschaltet werden. Gemeinsam für beide Antriebe ist der Leonardumformer, so daß bei schweren Störungen an diesem Maschinensatz nur der Handantrieb als Notreserve eingesetzt werden kann. *W. Me.*

DK 621.398 : 656.2

Elektrische Mehrreihenstellwerke. [Nach G. Neumann, Z. ges. Eisenb.-Sich. 33 (1938) S. 161 u. 181; 7 S., 16 Abb.]

Das Mehrreihenstellwerk auch elektrisches Kurzstellwerk genannt wird beschrieben und über die Weiterentwicklung in den letzten Jahren berichtet. Derartige Anlagen sind bisher im Ruhrgebiet und in Holland gebaut worden, wobei stets die niedrige Tisch- oder Pultform gewählt wurde. Der Platz des Beamten ist so, daß er den ganzen Betriebsbereich ungehindert

[1]) Elektroschweißg. 10 (1939) H. 4, Inh.-Verz.

Digitized by Google

übersehen und überwachen kann. Man hat daher die Magnetschalter und Kontaktsätze im Untergeschoß unter dem Bedienungsraum angeordnet um die Bedienungstische niedrig und dicht an das Fenster stellen zu können. Arbeiten am Stellwerk stören so in keiner Weise das Bedienungspersonal. Die Siebenreihenstellwerke zeigen, daß die Zusammenfassung der Bedienungsvorrichtung die Bedienung sehr erschweren, so daß man in Holland neuerdings auf ein Fünfreihenstellwerk zurückgeht. Versuchsweise hat die Reichsbahn ein Kraftkurzstellwerk zugelassen mit unter dem Schaltertisch stehenden Verschlußregister als Verbesserung für die die Sicht störenden Verschlußregister vor dem Schaltertisch.

In Amerika und England ist man zu einem Stellwerk ohne mechanische Verschlußregister übergegangen. Relais ersetzen die Verschlußregister. Die Schaltvorrichtungen lassen sich unter, neben oder über dem eigentlichen Bedienungsraum anordnen. Auf der Weltausstellung Paris 1937 wurde auch ein Modell für ein Zweireihenstellwerk mit Magnetschalterabhängigkeit ausgestellt. Die Erstausführung eines Stellwerkes mit elektrischen Verschlüssen der Deutschen Reichsbahn hat noch für den Personenverkehr zusätzlich mechanische Verschlußregister.

Der ungehinderte Ausblick tritt entscheidend in den Vordergrund, der Stellwerksraum ist allseitig verglast. Um Sicht zu gewinnen hat man Morsetische um mehrere Stufen tiefergestellt bzw. Einrichtungsgegenstände versenkt. Man beabsichtigt auch den Morseapparat durch Zugschreiber bzw. Springschreiber zu ersetzen.

Zur Schonung der Nerven des Bedienungspersonals sind die Vierreihenwerke ausgestattet mit: weichen Hebelsperren, Gleisbesetztanlagen, Fahrschautafeln, Wartezeichen, Vorrücksignalen und optische Meldezeichen. Die Fahrschautafel erleichtert bei Nebel und Dunkelheit durch Lampenkennzeichnung der Gleise und Signale die Übersicht. Zu den Kurzstellwerken können auch die Tischschaltwerke für den Rangier- und Ablaufbetrieb gerechnet werden. Man stellt die verschiedenen Verbindungen entsprechend der tatsächlichen Lage der Schienenstränge dar, jedoch lassen sich Änderungen hier nicht leicht durchführen, so daß man dazu übergegangen ist, die Reihenweiseanordnung zu wählen. *Krw.*

DK 551.594.221.004.4 : 625.43

Blitzgefahr und Blitzschutz bei Personen-Seilschwebebahnen. [Nach K. Hilsenbeck, Elektr. Bahnen, 14 (1938) S. 293; 4 S., 5 Abb.]

K. Hilsenbeck bespricht die Möglichkeiten der Fernhaltung oder Linderung schädlicher Folgen atmosphärischer Entladungen auf die Seile von Personen-Seilschwebebahnen, wobei die Wirkungen direkter und indirekter Blitzschläge erörtert werden. Ferner wird theoretisch untersucht, welche Blitzstromstärken und welche Entladungsdauer notwendig ist, um einen Draht oder eine Vielzahl von Drähten eines Seiles zum Schmelzen zu bringen. Aus den Untersuchungen geht hervor, daß bei sorgfältiger Ausführung der Anlage für die Tragseile der Schwebebahnen keine Gefahr besteht, da das höher liegende Hilfsseil als Auffang dient. Auch wären die Drähte des Tragseiles an sich stark genug, alle wahrscheinlichen Blitzstromstärken und jede Blitzstromdauer auszuhalten. Noch geschützter sind die Zugseile, da sie unter den Tragseilen liegen.

Am gefährdetsten sind die Hilfsseile, und die Erfahrung lehrt auch, daß Blitzeinschläge bis jetzt nur bei Hilfsseilen zu festgestellten Zerstörungen geführt haben. Jedesmal wurde das Seil durch Anschmoren mehrerer Drähte beschädigt. Untersuchungen am gebrochenen Stück haben erfreulicherweise gezeigt, daß die Wärmeeinwirkung in Graden ausgedrückt zwar eine sehr hohe, aber zugleich auch eine sehr kurze gewesen sein muß, da die Drähte schon kurz nach der Bruchstelle weder Anlauffarben aufwiesen, noch in ihrer Festigkeit beeinträchtigt wurden. *Sb.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.318.73

Chokon, ein neues Kurzwellenfilter. [Nach H. Iinuma, Nippon electr. Comm. Engng. (1938) S. 499; 5 S., 9 Abb.]

Die Rückwirkungen der einzelnen Stufen eines Hochfrequenzverstärkers über das gemeinsame Netz müssen durch Einbau von Hochfrequenzfiltern unterbunden werden. Bisher verwandte man Filter aus Drosselspulen und Ableitkondensatoren. Es wird ein neuartiges Hochfrequenzfilter mit der Bezeichnung „Chokon" beschrieben, das den bisherigen Drosselketten überlegen ist und eine sehr gedrängte Form besitzt. Der Name „Chokon" rührt daher, daß dieses neue Bauelement der Funktechnik ein Kondensator ist, der gleichzeitig die Eigenschaften einer Drosselspule (choke coil) aufweist. Seine Wirkungsweise beruht darauf, daß die Metallfolienstreifen eines Papierwickelkondensators dämpfend wirken, wobei die Enden des einen Metallfolienstreifens vom Wickelkondensator herausgeführt werden, während der andere Metallfolienstreifen an verschiedenen Stellen mit dem Metallgehäuse verbunden und geerdet ist.

Das elektrische Ersatzbild des Chokons ist eine Leitung mit verteilten statischen Kapazitäten und Widerständen, während die verteilten Induktivitäten bis zu 30 MHz vernachlässigbar sind. Hat eine Übertragungsleitung einen ohmschen Widerstand R je Längeneinheit und eine Kapazität C je Längeneinheit, dann sind bekanntlich die charakteristischen Leitungskonstanten: Wellenwiderstand $Z = \sqrt{\frac{R}{2\omega C}} \cdot (1 - j)$; und Fortpflanzungskonstante $\gamma = \sqrt{\frac{R \omega C}{2}} \cdot (1 + j)$, wobei ω die Kreisfrequenz bedeutet. Für die Einheitswerte $R = 0{,}5\ \Omega$/m und $C = 0{,}08\ \mu$F/m erhält man bei 10 MHz eine Einheitsdämpfung von 10 db/m. Ein Chokon von 0,5 µF Eigenkapazität besitzt also eine Dämpfung von etwa 60 db. Der Chokon stellt somit ein Widerstands-Kapazitätsfilter dar und läßt sich an Stelle der gewöhnlichen Drosselketten verwenden.

Die Herstellung von Chokons für Empfänger wird ausführlich beschrieben. Es werden Aluminiumfolien von 0,01 mm Stärke und 22 mm Breite und zwei Papierstreifen von je 0,015 mm Stärke und 26 mm Breite als Dielektrikum verwendet, und Chokons mit 0,5 µF bzw. 1 µF und einem Gleichstromwiderstand von 1,25 Ω bzw. 1,82 Ω hergestellt. An Hand von Dämpfungskurven im Frequenzbereich von 0,3 bis 20 MHz wird die gute Drosselwirkung der Chokons gezeigt, wobei ein Chokon von 0,5 µF bei Frequenzen über 5 MHz Dämpfungswerte von mehr als 30 db aufweist. Bei 10 MHz beträgt die Eingangsimpedanz solcher Empfängerchokons etwa 0,5 Ω. Durch Kombination eines Chokons als Kurzwellenfilter mit einer Drosselspule für lange Wellen erhält man ein Allwellenfilter, das den bisherigen Hochfrequenzfiltern weit überlegen ist. *Mnl.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.385.1.062.3 : 621.317.733.029.5/.6 : 621.316.727

Spannungsgesteuerte Scheinwiderstände. [Nach R. Feldtkeller, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 27 (1938) S. 205; 5 S., 12 Abb.]

Bei vielen Messungen der Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, z. B. beim Abstimmen von Brücken in Meßgeräten, periodischer Änderung einer Sendefrequenz, Abstimmen von Schwingkreisen, werden einstellbare Scheinwiderstände benötigt. Man kann dafür etwa einen Drehkondensator verwenden, der von Hand veränderlich ist. Oft liegt aber das Bedürfnis vor, die Einstellung dem Gerät zu überlassen und sie selbsttätig zu steuern. Dazu bietet die Elektronenröhre ein bequemes Hilfsmittel. Bekanntlich hängt die dynamische Kapazität einer Verstärkerröhre von ihrer Steilheit ab, und diese läßt sich rein elektrisch durch Regelung der Gittervorspannung ändern. Um genügend große Spannungsbereiche regeln zu können, ohne aber dabei die Röhre selbst zu übersteuern, wird statt der in der Verstärkermeßtechnik wichtigen dynamischen Gitter-Kathoden-Kapazität die Kapazität zwischen Kathode und Anode benutzt, zu welcher der hohe innere Widerstand der Röhre parallel liegt, so daß er keinen Einfluß auf den durch diese Kapazität gesteuerten Scheinwiderstand hat.

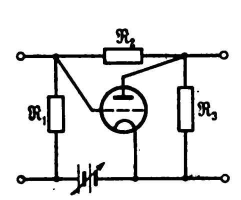


Abb. 6. Röhre mit Widerstandsdreieck.

In der Abb. 6 ist eine Röhre mit dem Widerstandsdreieck gezeichnet; der Anoden-Kathoden-Scheinleitwert einer Verstärkerröhre ist durch Gl. (1)

$$\mathfrak{Y}_{2l} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{\mathfrak{R}_3} + \frac{1}{\mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2} + \frac{\mathfrak{R}_1}{\mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2} S \qquad (1)$$

gegeben. Er setzt sich danach aus vier einander parallel geschalteten Widerständen zusammen, wie das Ersatzbild in Abb. 7 zeigt. Von diesen Widerständen läßt sich der letzte (in der Abb. 7 rechts) durch die Gitterspannung steuern, da er eine Funktion der Steilheit S der Röhre ist. R_i ist der innere

Digitized by Google

Widerstand und ist größer als 1 MΩ, spielt also gegenüber den sonstigen Verlusten keine Rolle. Der Kathoden-Anoden-Widerstand wird durch die Kapazität C_{ak} gebildet, welche klein und konstant ist. $\mathfrak{R}_2$ und $\mathfrak{R}_1$ stellen eine Reihenschaltung der Widerstände zwischen Anode—Gitter ($\mathfrak{R}_2$) und Kathode—Gitter ($\mathfrak{R}_1$)

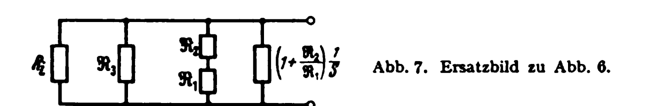


Abb. 7. Ersatzbild zu Abb. 6.

dar. Der vierte ist der spannungsgesteuerte Widerstand, der in seinem Charakter durch $\mathfrak{R}_1$ und $\mathfrak{R}_2$ bestimmt wird. Nur dieser interessiert, und da R_i und $\mathfrak{R}_3$ hinreichend groß sind, kann man sie vernachlässigen. Man gelangt zur Ersatzschaltung Abb. 8, in der $\mathfrak{R}_1 \ll \mathfrak{R}_2$ zu wählen ist, um $\mathfrak{R}_1$ neben $\mathfrak{R}_2$

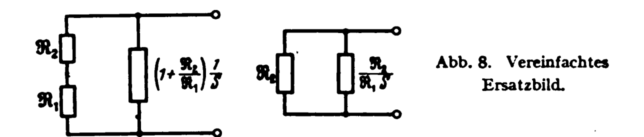


Abb. 8. Vereinfachtes Ersatzbild.

und 1 neben $\mathfrak{R}_2/\mathfrak{R}_1$ vernachlässigen zu können. Aus diesem Schaltbild lassen sich verschiedene Schaltungen finden, in denen entweder $\mathfrak{R}_2$ oder $\mathfrak{R}_1$ ohmisch oder komplex sind, und von Bedeutung sind die beiden Fälle der Abb. 9, weil sie nahezu verlustfrei sind, keinerlei zusätzliche Schaltmittel zur

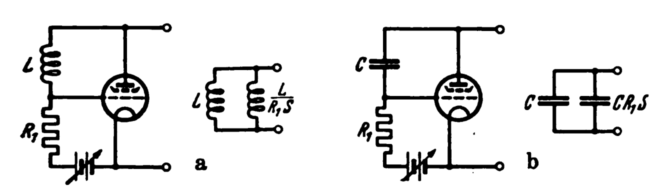


Abb. 9a u. b. Anwendungen des Ersatzschaltbildes.

Trennung der Anoden- und Gittergleichspannung bedürfen (veränderliche Gittervorspannung wird durch einen Widerstand dem Gitter zugeführt und durch den Kondensator C von der Anodenspannung getrennt), $|\mathfrak{R}_2| \gg |\mathfrak{R}_1|$ leicht zu erhalten ist und die spannungsgesteuerte Kapazität, wie Abb. 9b zeigt, eine lineare Funktion der Steilheit S ist.

Durch die Vernachlässigung von $\mathfrak{R}_1$ in Abb. 8 ist der Verlustwinkel δ_0 der spannungsgesteuerten Kapazität in Abb. 9b z. B. in Erscheinung getreten, der aber klein genug bleibt, wenn $\mathfrak{R}_1 < 1/\omega C$ in

$$\delta_0 = \mathfrak{R}_1 \, \omega \, C \;\; (\omega \text{ Kreisfrequenz}) \tag{2}$$

erfüllt ist, wozu der kleine geradlinige Bereich der Gitterspannungskennlinie zwingt, welcher bei höheren Anodenwechselspannungen nicht übersteuert werden darf. Das Verhältnis U_g/U_a ist nahezu $\mathfrak{R}_1 \cdot \omega C$, also gleich δ_0.

Da der Verlustwinkel δ_0 keine Funktion der Steilheit ist, mithin für alle $1/\mathfrak{Y}_{2l}$ konstant ist, kann man ihn durch einen Parallelwiderstand zur spannungsgesteuerten Kapazität darstellen, welcher um so kleiner wird, je größer die Kapazität ist. Durch diese Maßnahmen treten in Schwingkreisen zusätzliche Dämpfungen auf, und um dieses Übel zu vermeiden, muß danach getrachtet werden, δ_0 zu verkleinern. Aber das hat auch wieder einen Nachteil: da S_{max} durch die Röhre gegeben ist, könnte man die Anodenkapazität zwischen C und $(1 + \mathfrak{R}_1 S_{max})\, C$ ändern, z. B. durch Vergrößern von $\mathfrak{R}_1$, aber hierdurch vergrößert sich wiederum δ_0.

Zur Verminderung des Verlustwinkels fassen wir unseren Spannungsteiler Abb. 9b als Rückkopplungsweg von der Anode zum Gitter auf und berechnen einen komplexen Widerstand $\mathfrak{R}_1^*$ so, daß der gegebene Anodenleitwert mit dem verlustfreien übereinstimmt. Der Widerstand $\mathfrak{R}_1^*$ läßt sich mit guter Näherung aus

$$\frac{1}{\mathfrak{R}_1^*} = \frac{1}{\mathfrak{R}_1} - \frac{1}{\dfrac{\mathfrak{R}_1 S}{\mathfrak{R}_1 S + 1}\,\mathfrak{R}_2} \tag{3}$$

ermitteln. Eine Möglichkeit ist z. B. durch Gl. (4) gegeben,

$$\mathfrak{R}_1^* = \mathfrak{R}_1 + \mathrm{j}\, \frac{\mathfrak{R}_1 S + 1}{\mathfrak{R}_1 S}\, \mathfrak{R}_1^2 \, \omega \, C \tag{4}$$

und durch die Abb. 10 dargestellt. Auch durch eine entsprechende Parallelentzerrungsschaltung könnte man sich helfen.

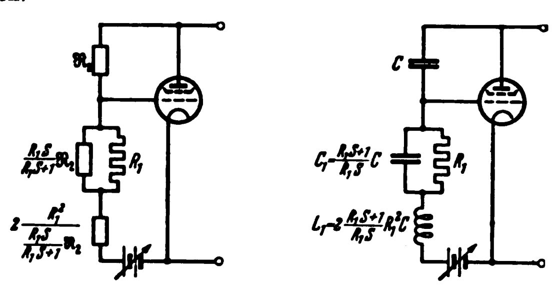


Abb. 10. Entzerrte Schaltung und Anwendung.

Eine Gefahr besteht noch. Die Korrektionselemente sind von S abhängig, ändern aber ihre Werte selbst nicht, wenn S geändert wird. Danach läßt sich die Schaltung nur bei einem gegebenen S_0 verlustfrei machen. Die Rechnung zeigt aber, daß der Einfluß hier unerheblich ist, wenn man S_0 mit S_{max} zusammenfallen läßt, wodurch negative Verlustwinkel vermieden werden, die sonst auftreten könnten. Unter solchen Bedingungen ist nun der Verlustwinkel

$$\delta = \delta_0 \, \frac{1 - \dfrac{S}{S_0}}{1 + S_0 \mathfrak{R}_1 \, \dfrac{S}{S_0}}, \tag{5}$$

der für kleine S_0 in den gewöhnlichen Verlustwinkel δ_0 übergeht. Die Kurvenschar der Abb. 11 zeigt den Verlauf des Verlustwinkels. Die bisherigen Scheinwiderstände waren nun

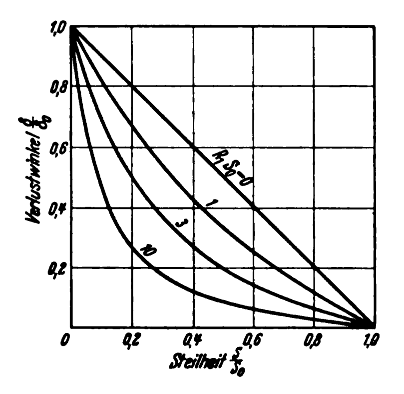


Abb. 11. Kurvenschar für den Verlustwinkel in Abhängigkeit von der Steilheit der Röhre.

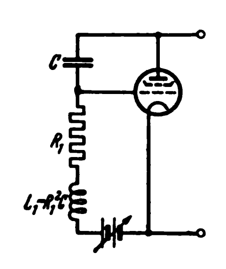


Abb. 12. Beispiel einer von der Steilheit unabhängige Schaltung für spannungsgesteuerte Widerstände.

von S abhängig. Soll dies vermieden werden, so läßt sich eine Schaltung nach Abb. 12 anwenden, in welcher der Anodenscheinleitwert

$$\mathfrak{Y}_{2l} = \mathrm{j}\, \omega \, C \, (\mathfrak{R}_1 S + 1) + \omega^2 C^2 \mathfrak{R}_1 \tag{6}$$

ist. Die Schaltung unterscheidet sich äußerlich nicht von den übrigen, nur die Schaltelemente im Gitterkreis werden anders bemessen. *Hsr.*

DK 621.392.5

Kopplungswiderstände passiver Vierpole in Kettenschaltungen. [Nach A. Nakasima, Nippon electr. Comm. Engng. (1938) S. 459; 8 S., 11 Abb.]

In der Arbeit wird eine theoretische Betrachtung der Kopplungswiderstände angestellt. Durch den Kopplungswiderstand, der im deutschen Schrifttum nicht sehr geläufig ist,

Digitized by Google

wird nach der Definition der CCIF das Verhältnis $\mathfrak{U}_1/\mathfrak{J}_2$, also das Verhältnis der komplexen Eingangsspannung zum komplexen Ausgangsstrom eines Vierpoles, verstanden. Nakasima betrachtet für diese Funktion, welche die Energieübertragung durch einen Vierpol im gewissen Sinne beschreibt, die Phaseneigenschaften und übrigen Größenverhältnisse, wenn eine Kette von mehreren Vierpolen zusammengeschaltet ist. Ausgehend von einer Betrachtung positiver und negativer Kopplungswiderstände und ihrer Polaritätseigenschaften, werden formelmäßige Ausdrücke für passive Vierpolnetzwerke gewonnen. Einige schon früher an anderer, aber nicht näher angegebenen Stelle abgeleitete Beziehungen werden auf ihre Richtigkeit hin geprüft und bestätigt. Zum Schluß sind einige besondere Schaltungen — Netzwerke aus zwei und drei Vierpolen in Kaskadenschaltung und die übliche Brückenschaltung — betrachtet und die Rechenformeln hierfür hergeleitet. Die Rechnungen in dem Aufsatz beziehen sich häufig auf eine frühere Arbeit desselben Verfassers und sind deshalb nicht immer ganz durchsichtig. *Hsr.*

Physik.

DK 537.523.4

Die Entwicklung der Elektronenlawine in den Funkenkanal nach Beobachtungen in der Nebelkammer. [Nach H. Raether, Z. Phys. 112 (1939) S. 464; 28 S., 8 Abb.]

Auf der einen Seite kennt man die Tatsache, daß sich ein Elektron beim Lauf von der Kathode zur Anode durch Stoßionisation um das $e^{\alpha x}$-fache verstärkt (dabei ist α die Zahl der je cm durch Elektronenstoßionisation gebildeten Ionenpaare, x die durchlaufene Wegstrecke); aus Nebelkammerbeobachtungen[1]) weiß man auch die Vorwachsgeschwindigkeit und die Breite der Elektronenlawinen. Auf der anderen Seite steht die Beobachtung des elektrischen Durchschlages in Form eines Funkenkanales. Es war nun die Entwicklung der Elektronenlawine in diesen Funkenkanal zu untersuchen. Die bisherigen Vorstellungen behandeln die Funkenentwicklung aus der Elektronenlawine als ein ebenes Problem. Die Nebelkammerbeobachtungen der Elektronenlawine hingegen weisen mit aller Deutlichkeit auf den kanalartigen Charakter bereits des frühesten Entladungsstadiums hin und legen den Gedanken nahe (der auch in vorliegender Arbeit bestätigt wird), daß unter den im folgenden aufgeführten Bedingungen bereits eine Lawine allein den späteren Funkenkanal bildet.

Die vorliegende Arbeit berichtet über diesen Übergang Lawine—Funken unter folgenden Bedingungen in der Nebelkammer: rd. 300 Torr, 3,6 cm Elektrodenabstand und 10 bis 20% Überspannung über die statische Durchbruchfeldstärke. Die Ergebnisse sind folgende: Ein an der Kathode ablaufendes Elektron erzeugt eine Elektronenlawine, die mit einer Geschwindigkeit von $1{,}25 \cdot 10^7$ cm/s gegen die Anode läuft. Hat nun die Verstärkung $e^{\alpha x}$ im Lawinenkopf einen gewissen kritischen Wert erreicht ($\alpha x \sim 20$), so wird die Lawinenentladung instabil. Dies äußert sich darin, daß die Kanalentladung mit beträchtlich höherer Geschwindigkeit (7 bis $9 \cdot 10^7$ cm/s) nach der Anode fortschreitet. Ist dieser „anodenseitige Kanal" in die Gegend der Anode gekommen, so wächst mit noch höherer Geschwindigkeit (1 bis $2 \cdot 10^8$ cm/s) eine Kanalentladung aus dem Bereich des Lawinenkopfes zur Kathode zurück. Das Wesentliche ist mithin, daß die Elektronenlawinenentladung nicht an der Kathode instabil wird, sondern im Lawinenkopf. Diese Instabilität wird durch die Raumladungsfelder im Lawinenkopf eingeleitet. Diese zusammen mit der gasionisierenden Strahlung[2]) ergeben die hohe Vorwachsgeschwindigkeit sowohl des anodenseitigen wie des kathodenseitigen Kanales. Bei dem Rückwachsen des letzteren spielen Nachfolgelawinen von der Kathode her keine Rolle, d. h. die Kathode ist von untergeordneter Bedeutung für das Instabilwerden der Lawinenentladung. Hat der rückwachsende Kanal die Kathode erreicht, so verbindet ein Trägerschlauch Kathode mit Anode („Vorentladungskanal"). Es wird gezeigt, daß sich in diesem ein radiales Feld ausbildet, mit dessen Hilfe eine rasche Stromsteigerung trotz absinkender Spannung („fallende Charakteristik") vor sich geht. Auf diese Weise geben die Nebelkammerbeobachtungen ein einheitliches Bild des elektrischen Durchschlages, angefangen von der Elektronenlawine bis zum Funkenkanal. *Eb.*

[1]) H. Raether, Z. Phys. 107 (1937) S. 91. S. a. ETZ 59 (1938) S. 322.

[2]) Hierzu H. Raether, Z. Phys. 110 (1938) S. 611. S. a. ETZ 60 (1939) H. 1, S. 10.

DK 538.652

Magnetostriktionsschwingungen eines ebenen Ringes. [Nach T. Suita u. K. Aoyagi, Elektrotechn. J., Tokio 2 (1938) S. 260; 3 S., 5 Abb.]

Wird ein ferromagnetisches Toroid durch ein Wechselfeld magnetisiert, so wirken sich die magnetostriktiv erregten Verlängerungen und Verkürzungen in einer radialen Schwingung des Ringes aus. Auf Grund der Elastizitätstheorie werden die Gleichungen für eine derartige Schwingung eines dünnen Ringes aufgestellt, eine strenge und eine angenäherte Lösung gegeben und die Resonanzfrequenzen als Funktion der Ringbreite berechnet. Diese Frequenzen nehmen mit kleiner werdendem Radius und Vergrößerung der Ringbreite zu, sie liegen bei Nickelblechen von 4 cm Dmr. und 1 cm Ringbreite bei etwa 20 000 Hz. Ein Versuch an 10 Blechringen verschiedener Breite ergibt befriedigende Übereinstimmung zwischen Rechnung und Experiment. *Kmn.*

DK 537.525.5 : 537.533

Der Niedervoltbogen als Ionenquelle im Cyclotron. [Nach M. St. Livingston, M. G. Holloway u. C. P. Baker, Rev. sci. Instrum. 10 (1939) S. 63; 5 S., 2 Abb.]

Es wird über erfolgreiche Versuche berichtet, im Cyclotron eine Niedervoltentladung als Ionenquelle zu verwenden. Bisher verfuhr man so, daß das restliche Gas im Beschleunigungsraum (Drücke von 10^{-3} bis 10^{-4} Torr) durch kräftige Glühkathoden in der ganzen Höhe der Beschleunigungskammer ionisiert wurde. Ein Nachteil dieser Anordnung ist, daß die Ionen stark divergent von der Mitte des Cyclotrons ausgehen und infolgedessen nur zum kleinen Teil nach ihrer Beschleunigung den Auffänger erreichen. Die jetzt versuchsweise verwendete Ionenquelle vermeidet diese Nachteile. Ihr geschlossener Entladungsraum ist in der Mitte zu einer Kapillare von 3 mm Länge und 3 mm Innen-Dmr. verengt. In einem der kegelförmigen Ansätze der Kapillare befindet sich die Glühkathode. Die Entladung brennt mit rd. 100 V bei Drücken von der Größe 10^{-2} Torr zwischen Glühdraht und Gehäuse (Anode). Die magnetischen Kraftlinien des Cyclotrons laufen parallel der Entladung und üben daher eine konzentrierende Wirkung aus. Die Ionen werden aus der Kapillare durch eine seitliche Öffnung (Dmr. rund 1,6 mm) mit einem Hilfsfeld herausgezogen und beginnen dann ihre Umläufe im Beschleunigungsraum. Die Vorteile gegenüber der alten Anordnung sind u. a.: Mehr als 10fache Ionenausbeute und scharf begrenzter Strahl in der Mittelebene des Cyclotrons. *H. Rdm.*

Verschiedenes.

Messehefte 1940 der ETZ.

Die Frühjahrsmesse in Leipzig vom 3. bis 11. 3. 1940 wird als die größte Schau der Leistungen unserer Industrie wieder zahllose Besucher aus Deutschland und dem neutralen und befreundeten Ausland in ihren Bann ziehen. Die deutsche Elektroindustrie, die hauptsächlich im „Haus der Elektrotechnik" ausstellt, wird auch diesmal zeigen, daß ihre Leistungsfähigkeit trotz des Kriegszustandes weiter zugenommen hat und daß sie erfolgreich neue Wege beschreitet. Zur Messe erscheinen wie im Vorjahr zwei „Messehefte" der ETZ; sie sollen die Übersicht erleichtern helfen, auf besonders gute und erfolgreiche technische Lösungen hinweisen und so zur Sicherung des Messeerfolges beitragen. Wer über ein wichtiges Erzeugnis seiner Fabrikation etwas mitzuteilen wünscht, kann einen kurzen Originalbericht an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus, für redaktionelle Verwertung einschicken. Berichte, die nach dem 10. 1. 1940 eingehen, können nicht mehr berücksichtigt werden.

AUS LETZTER ZEIT.

11 Oberleitungs-Omnibusse für Danzig. — Von der Danziger Straßenbahn-AG. wurde ein bedeutsamer Auftrag auf Lieferung und Errichtung einer über 6 km langen Obus-Anlage erteilt, die mit 11 Fahrzeugen den innerstädtischen Verkehr bedienen soll. Die Wagen können je 60 Personen aufnehmen und werden als zweiachsige Eindeck-Obusse ausgeführt.

Digitized by Google

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Über die Verwendung der Kleinspannung für Aufzugsteuerungen.

Von **Kurt Pieck**, Berlin.

DK 621.876 : 621.3.027.23

Übersicht. Nach Einführung des Trockengleichrichters haben einzelne Firmen den Versuch gemacht, zur Steuerung von Aufzügen gleichgerichteten Wechselstrom oder erst auf Kleinspannung herabtransformierten und danach gleichgerichteten Wechselstrom zu verwenden, und darin besondere Vorteile gesehen. In dem Aufsatz wird untersucht, ob diese Kleinspannung wirtschaftlicher ist als der Betrieb mit Wechselstrom 220 V.

Aufzugschachttüren sind mit Kontakten ausgerüstet, die bei offener Tür den Steuerstromkreis unterbrechen, um dadurch eine Abfahrt des Aufzuges bei offener Tür zu verhindern, Am zuverlässigsten haben sich für diesen Zweck die sogenannten offenen Zwangkontakte erwiesen, deren Kontaktpole nach Art einer Steckdose durch eine an der Tür befindliche Kurzschlußbrücke geschlossen werden. Solche Kontakte müssen berührungsicher ausgeführt werden.

Verwendung von Kleinspannung.

Bei Verwendung von Kleinspannung im Steuerstromkreis würde man vielleicht auf den Berührungschutz der erwähnten Kontakte verzichten können. Die Mehrkosten aber, die durch Verwendung eines Transformators (z. B. 220/44 V) und den dauernden Leerlauf desselben entstehen, rechtfertigen die Verwendung der gewiß etwas preiswerteren Türkontakte ohne Berührungschutz durchaus nicht. Zum Beweise werde eine normale Aufzugsteuerung für 220 V mit einer 44 V-Steuerung verglichen. Die normale Aufzugsteuerung für 220 V benötige einen Steuerstrom von 1 A bei einem $\cos\varphi = 0{,}25$, also eine Leistung von 55 W. Die 1,5 mm²-Leitung sei etwa 50 m lang, habe also den Widerstand 0,6 Ω. Bei einer zweiten Aufzugsteuerung mit denselben Steuerapparaten sind alle Spulen für 44 V und 5 A umgewickelt. Zum Betriebe dieser Steuerung ist dann ein Transformator von 220 VA erforderlich, der bei 91 % Wirkungsgrad je 10 W Kupfer- und Eisenverluste haben möge. Der Leistungbedarf beider Steuerungen ist aus Zahlentafel 1 zu ersehen.

Zahlentafel 1. Leistungbedarf zweier Aufzugsteuerungen.

Wechselspannung	V	220	44	
Steuerstrom	A	1	5	im Stillstand
			Betrieb	
Apparate	W	54.4	54,4	0
Leitung	W	0,6	15	0
Transformator	W	0	10 Cu 10 Fe	0 10 Fe
Summe	W	55	89,4	10

Der Mehrbedarf bei 44 V beträgt also 62 % oder 35 W zuzüglich 10 W im Stillstand. Der Mehrverbrauch an elektrischer Energie berechnet sich je Tag bei 4 Std. Betrieb und 20 Std. Leerlauf zu

$$140 + 200 = 340 \text{ Wh}$$

und in einem Jahr zu

$$340 \cdot 365 = 124 \text{ kWh}.$$

Es ist also vorteilhafter, den Wechselstrom untransformiert zu benutzen. Die Leerlaufverluste des Transformators lassen aber die 44 V-Anlage noch ungünstiger erscheinen. Nimmt man den Preis der Kilowattstunde zu 8 Rpf an, so entstehen allein durch die Leerlaufverluste von 124 kWh im Jahr rd. 20,— RM Unkosten. Die Mehrausgabe für den Transformator (rd. 45,— RM) wird also fast alle zwei Jahre wiederholt. Sie kann daher die Ersparnis durch Verwendung der etwas preiswerteren Türkontakte ohne Berührungschutz nicht rechtfertigen.

Gleichgerichtete Kleinspannung.

Gleichgerichtete Kleinspannung kann nach dem Vorhergehenden nur noch unwirtschaftlicher sein, da zu den genannten Verlusten noch die Anschaffung eines Gleichrichters und dessen Leerlaufverluste hinzukommen. Auf den ersten Blick erscheint allerdings der Betrieb von Magnetspulen mit Gleichstrom verlockend, so daß auch Steuerungen für untransformierten gleichgerichteten Wechselstrom auf den Markt gekommen sind. Die Erbauer rühmen deren Geräuschlosigkeit und besseren Nutzeffekt.

Völlig geräuschlos sind indessen diese Geräte nicht, da sie nicht mit k o n s t a n t e m Gleichstrom, sondern nur mit gleichgerichtetem Wechselstrom betrieben werden. Dieser besteht aus positiven Sinuswellen, die das Ankereisen hundertmal in der Sekunde kräftig anziehen und dadurch die Oktave des Wechselstromes von 50 Hz als Brummgeräusch hervorbringen. Erst besondere Vorkehrungen, wie Parallelschaltung von Kondensatoren zum Gleichrichter (gegebenenfalls noch Drosselspulen) sind nötig, um wirkliche Geräuschlosigkeit zu erzielen. Geräuschlosigkeit ist aber auch bei Wechselstrommagneten erreichbar bei entsprechenden Vorkehrungen.

Werden an der Berührungstelle von Ankereisen mit Magneteisen des Wechselstrommagneten auf beiden Seiten Kurzschlußringe eingesetzt, die den magnetischen Fluß in zwei Teile teilen, dann wird das Ankereisen abwechselnd durch zwei magnetische Flüsse gehalten, die 90° Phasenverschiebung besitzen. Bei richtiger Wahl der Kurzschlußringe werden beide magnetischen Flüsse gleich groß. Da die Zugkraft eines Magneten mit dem Quadrat der Stromstärke wächst, ist die Gesamtzugkraft der beiden magnetischen Flüsse:

$$= c\,I^2\,[\sin^2\alpha + \sin^2(\alpha + 90^0)] = c\,I^2\,(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha) = c\,I^2.$$

Das bedeutet, daß in jedem Augenblick das Ankereisen mit derselben Kraft angezogen wird und deshalb ein Brummen ausgeschlossen ist. Es gibt also Wechselstrommagnete, die geräuschlos arbeiten, sofern sie geeignet ausgebildet werden.

Leistungbedarf von Wechselstrom- und Gleichstrommagneten.

Der Bedarf eines Elektromagneten an Amperewindungen ändert sich unter normalen Verhältnissen proportional mit dem Luftspalt zwischen Anker und Magnetpolen. Bevor der Magnetanker anzieht, ist der Luftspalt noch groß, z. B. 5 mm. nachdem der Anker angezogen hat, ist der Luftspalt fast Null, z. B. 0,5 mm. Der notwendige Strom zum H a l t e n der hochgehobenen Last ist daher in diesem Beispiel nur $^1/_{10}$ des Stromes, der zum Anheben der Last erforderlich war. Der Wechselstrommagnet hat nun die Eigenschaft, seinen induktiven Widerstand umgekehrt proportional dem Luftspalt zu vergrößern. Bei Verringerung des Luftspaltes auf den 10. Teil wird der induktive Widerstand zehnmal so groß, d. h. nach Anheben der Last ist der Strom im Wechselstrommagneten selbsttätig auf den 10. Teil gesunken.

Der Widerstand des Gleichstrommagneten ist dagegen unveränderlich und damit auch der Strom, der zum Anheben der Last erforderlich war. Bei gleichem Kupfergewicht der Magnetspulen verhalten sich demnach die

Digitized by Google

Kupferverluste nach Anheben der Last bei Wechsel- und Gleichstrom wie 1 : 100. Die Eisenverluste beim Wechselstrommagneten, etwaige besondere Ausbildung der Gleichstrompole oder die Verringerung des Hubes verschieben diese sehr ungünstigen Verhältnisse zugunsten des Gleichstrommagneten. Verringert man nämlich im obigen Beispiel den Hub auf 2 mm, dann wird das Verhältnis der Kupferverluste 1 : 25. Das Verhältnis wird sogar 1 : 1, wenn der Hub beider Magnete gleich Null ist. Solche Magnete sind aber im Aufzugbau nicht verwendbar.

Der Gleichstrommagnet ist demnach rein physikalisch nicht in der Lage, mit dem Wechselstrommagneten in Wettbewerb zu treten, solange vom Magneten wirkliche Arbeit (Last mal Hub) verlangt wird wie bei Aufzugsteuerungen. Nur, wo der Hub gleich Null ist, oder wo ein geringer Hub mit geringer Kraftäußerung zurückzulegen ist, wie z. B. bei magnetischen Spannfuttern oder magnetischen Kupplungen, ist der Gleichstrom dem Wechselstrom überlegen.

Zur Stützung der rein theoretischen Ergebnisse wurde der Strombedarf einzelner Magnete nachgemessen, wie aus Zahlentafel 2 ersichtlich ist. Danach benötigt ein Gleichstrommagnet gleicher mechanischer Leistung etwa dreimal so viel Watt als ein Drehstrommagnet. Dieser Mehrbedarf zeigt sich auch im Kupfergewicht. Die drei Spulen des Drehstrommagneten (40 cmkg) wiegen zusammen nur 0,9 kg, während die Gleichstromspule 4 kg Kupfer benötigt. Bezüglich des Einphasenmagneten steht zu erwarten, daß durch vermehrten Aufwand an Kupfer die gleiche Leistung des Drehstrommagneten (40 cmkg bei rd. 50 W) erreichbar ist. Hiernach kommt sowohl der Einphasenmagnet als auch der Drehstrommagnet mit dem vierten Teil des Kupfergewichtes und mit dem dritten Teil der elektrischen Energie aus. Die Messungen an den 60 cmkg-Magneten bestätigen dieses Ergebnis.

Zahlentafel 2. Praktische Messungen an Aufzugmagneten.

Typenleistung	Stromart	Leistung W	Spulenkupfer kg
30 cmkg 40 % ED . .	Eine Phase	62	0,55
40 cmkg 40 % ED . .	Drehstrom	53	0,9
40 cmkg 40 % ED . .	Gleichstrom	186	4,0
60 cmkg 40 % ED . .	Drehstrom	78	1,5
60 cmkg 40 % ED . .	Gleichstrom	231	6,2

Sämtliche Magnete waren für 40 % Einschaltdauer berechnet, sämtliche Drehstrommagnete für eine Schalthäufigkeit von 120 in der Stunde; die Spannung betrug 220 V.

Zusammenfassung.

Die Versuche, für Aufzugsteuerungen bei vorhandenem Wechselstrom transformierten oder gleichgerichteten Wechselstrom zu benutzen, müssen demnach als unwirtschaftlich bezeichnet werden; denn die im Aufzugbau verwendbaren Gleichstrommagnete verbrauchen ein Vielfaches an Energie und Rohstoffen gegenüber den Wechselstrommagneten.

DK 608.3 : 621.3

Die Elektrotechnik in der Statistik des Reichspatentamts für das Jahr 1938. — Die Gesamtzahl der Patentanmeldungen ist im Jahre 1938 um 922 gegenüber dem Vorjahre auf 56 217 gefallen. Während seit der Machtübernahme bis zum Jahre 1937 ein ständiges langsames Steigen der Patentanmeldungen zu beobachten war, ist im Jahre 1938 zum erstenmal wieder ein Fallen der Patentanmeldungen eingetreten und dieses Fallen scheint auch in dem laufenden Jahre anzuhalten. Diese Tatsache könnte verwunderlich erscheinen angesichts der großen zum Teil ganz neuen technischen Aufgaben, welche heute der Staat in immer steigendem Maße der Technik stellt. Aber es ist eine alte Erfahrung des Reichspatentamts, daß bei technischer und wirtschaftlicher Hochkonjunktur die Zahl der Anmeldungen zurückgeht und umgekehrt bei ungünstiger Wirtschaftslage steigt. In der Zeit höchster wirtschaftlicher Not im Jahre 1930 war die Zahl der Patentanmeldungen auf über 78 000 angestiegen. „Not macht erfinderisch", auch solche Leute, die zum Erfinder nicht taugen. Fällt die wirtschaftliche Not weg, so fallen auch diese Erfinder weg. Aber auch die Industrien und Gewerbe können bei voller Beschäftigung oder gar bei Mangel an Arbeitskräften neue Gedanken und neue Wege weniger intensiv verfolgen, weil eben die Kräfte dazu fehlen, so daß auch aus diesem Grunde ein Absinken der Patentanmeldungen eintritt. Dafür ist aber mit diesem Absinken zugleich ein Steigen der inneren Güte der Anmeldungen zu beobachten, so daß man also allein aus dem Fallen der Zahl der Patentanmeldungen nicht schließen kann, daß die gesamte erfinderische Tätigkeit des deutschen Volkes zurückgegangen wäre. Ein Absinken der Anzahl der Anmeldungen ist übrigens auch bei den aus dem Ausland kommenden Patentanmeldungen zu beobachten. Während 1930 das Ausland noch mit rd. 16 000 Anmeldungen beteiligt war, ist heute sein Anteil auf die Hälfte zurückgegangen.

Die Klasse 21, welche die Hauptgebiete der Elektrotechnik umfaßt, zeigt im Gegensatz zu der allgemeinen fallenden Tendenz ein Steigen der Anmeldungen von 8805 auf 9353. Hierin kommt eine stärkere Verschiebung der erfinderischen Leistungen auf elektrische Gebiete zum Ausdruck, wobei außerdem zu beachten ist, daß auch auf anderen technischen Gebieten, welche in anderen Patentklassen behandelt werden, die elektrischen Lösungsmittel immer mehr bevorzugt werden.

Die Zahl der Patenterteilungen insgesamt ist gegenüber dem Vorjahre von 14 526 auf 15 068 gestiegen. Daran war die Klasse 21 mit einer Steigerung von 2696 auf 2877 beteiligt. Insgesamt waren am Schluß des Berichtsjahres 93 673 Patente in Kraft, d. h. 5331 mehr als im Vorjahr. Die Klasse 21 war daran mit 14 506, d. h. mit 1460 mehr als im Vorjahr beteiligt.

Die Zahl der im Jahre 1938 eingetragenen Gebrauchsmuster ist weiterhin zurückgegangen von 52 538 im Vorjahr auf 50 329. Die Klasse 21 zeigt jedoch auch hier wie bei den Patentanmeldungen eine steigende Beteiligung der Elektrotechnik von 7943 im Vorjahr auf 8182 im Berichtsjahr an. Die seit Inkrafttreten des neuen Patentgesetzes von 1936 dem Reichspatentamt überwiesenen Anträge auf Löschung von Gebrauchsmustern beliefen sich im Jahre 1938 auf 343, während sie im Vorjahr 211 betrugen. Im ganzen sind seit dem Inkrafttreten des neuen Patentgesetzes beim Reichspatentamt 586 Gebrauchsmusterlöschungsanträge gestellt worden.

Am.

Jubiläum. — Am 20. Dezember 1909 gründeten die Amtskörperschaften Ravensburg, Tettnang und Wangen den „Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke". Nach Fertigstellung der Leitung Ulm–Biberach wurden fünf Jahre später, am 1. Juli 1914, die „Oberschwäbischen Elektrizitätswerke", Biberach a. d. Riß, in Betrieb genommen. Heute sind die OEW mit sieben anderen Elektrizitätswerken in der „Energieversorgung Schwaben A.G." vereinigt. Die anläßlich des 25jährigen und 30jährigen Jubiläums herausgegebene Festschrift ist auf das beste gelungen und kündet in Wort und Bild über das Werden und Sein der Oberschwäbischen Elektrizitätswerke.

Handelsregistereintragung. — Gesellschaft für Elektrotechnik und Feinmechanik m.b.H., Berlin SW 11, Askanischer Platz 4 (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von feinmechanischen und elektrischen Apparaten und Maschinen.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Maschinen.

Der Ausschuß für Maschinen hat einen Entwurf zu

VDE 0530 U „Umstellvorschriften für elektrische Maschinen"

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 1282 veröffentlicht ist. Die in dem Entwurf enthaltenen Bestimmungen bezwecken eine möglichst weitgehende Ausnutzung der Maschinen im Sinne einer Einsparung hauptsächlich von Kupfer. Wegen der Dringlichkeit wird die Einspruchsfrist bis zum 23. November 1939 festgesetzt. Etwaige Einwände sind mit eingehender Begründung bis zu diesem Zeitpunkt bei der Geschäftstelle einzureichen.

Ausschuß für Wandler.

Der Ausschuß für Wandler hat die Neubearbeitung von

VDE 0414 „Regeln für Wandler"

zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Der Entwurf 2, in dem auch der Entwurf 1 [siehe ETZ 58 (1937) S. 941] verarbeitet wurde, ist in ETZ 60 (1939) S. 1283 veröffentlicht.

Begründete Einsprüche zu diesem Entwurf sind bis zum 15. Dezember 1939 an die Geschäftstelle zu senden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.315.612.029.5/.6

Hochfrequenzkeramik. Von Dr. E. Albers-Schönberg. Unter Mitwirkung von Obering. H. Handrek, Dipl.-Ing. W. Soyck und Dr.-Ing. A. Ungewiß. (Industrielle Keramik, Bd. 2. Herausg. v. Prof. Dr. W. Steger). Mit 97 Abb., XI u. 171 S. im Format 155×225 mm. Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig 1939. Preis geh. 11 RM, geb. 12 RM.

Der Verfasser hat in Gemeinschaft mit bekannten Mitarbeitern aus der Praxis ein Buch herausgebracht, das eine seit Jahren bestehende Lücke auf diesem Sondergebiet ausfüllt. Das Schrifttum über Hochfrequenz-Isolierstoffe war bisher nur in einzelnen Fachaufsätzen über die verschiedensten Fachzeitschriften verstreut und damit unvollständig und für den Konstrukteur und Laboratoriumsingenieur nur schwer zusammenzutragen. Mit dem vorliegenden Buch ist eine äußerst sorgfältig und sehr übersichtlich geordnete Zusammenstellung aller neueren keramischen Baustoffe bis auf die allerjüngste Zeit gegeben. Besonders begrüßenswert ist, daß hier die beiden Werke „Steatit-Magnesia Aktiengesellschaft" und „Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-Gesellschaft" durch Zurverfügungstellung ihrer Mitarbeiter aus diesem Sonderfach in offenster Weise jede nur zu wünschende Aufklärung geben. Der Gesamtinhalt ist so übersichtlich gestaltet und geteilt, daß es leicht ist, die jeweilig benötigten Abschnitte zu finden. Der Leser wird aber gewiß das Buch in seiner Gesamtheit sorgfältig studieren und dann erst die Einzelkapitel für die rechnerische und wissenschaftliche Arbeit heranziehen. Dem Elektrotechniker sind die keramischen Isolierstoffe in ihrer Herkunft und in ihrer Sonderverarbeitung verhältnismäßig fremd geblieben, er kennt zumeist nur die fertigen Erzeugnisse. Wertvoll ist darum, daß die Bearbeiter auch auf die Fertigungsverfahren eingehen und hier weitgehende Einblicke geben. Dabei sei besonders unterstrichen, daß auch allerneueste Arbeitsweisen erfäßt wurden, die erkennen lassen, wie auch in der keramischen Industrie Verfahren aus der Metallverarbeitung in hohem Maße angewendet werden. Durch Schneiden, Schleifen, Bohren werden Genauigkeiten erreicht, die mit den Anforderungen des Feinmaschinenbaues durchaus Schritt halten. Der anschließende Abschnitt gibt übersichtlich Auskunft über die Verbindung keramischer Werkstoffe mit Metall und Glas, wodurch wiederum ganz neue Konstruktionsmöglichkeiten gegeben werden. Abschnitt 4 enthält eine Darstellung der elektrotechnischen Grundlagen der Hochfrequenzkeramik; die letzten Abschnitte behandeln die praktische Anwendung und Gestaltung der Isolierteile, einschließlich der keramischen Kondensatoren. Sämtliche Buchteile sind mit Tafeln und beispielweisenden Bildern reichlich ausgestattet.

Die Darstellung ist sehr klar, die Buchausstattung vorzüglich. Gute Ergänzungen bilden die umfangreichen Schrifttumsangaben. Das Buch wird im ganzen und auch im einzelnen dem Elektroingenieur, besonders aber dem Hochfrequenztechniker eine sehr willkommene Hilfe sein. Es kann bestens empfohlen werden. W. Demuth VDE.

DK 621.3.029.6

Ultrakurzwellen. Physik, Technik und Anwendungsgebiete. Von Isolde Hausser. (Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Mathem.-naturw. Klasse, 1939, 4. Abhandlg.) Mit 29 Abb. u. 42 S. im Format 155×235 mm. Komm.-Verlag der Weiß'schen Universitätsbuchhandlung, Heidelberg 1939. Preis geh. 1,70 RM.

Die Arbeit gibt zunächst einen Überblick über die Herstellung und den Empfang sehr kurzer Wellen (λ = 10 m bis rd. 6 mm), der Methodik zur Messung der Dielektrizitätskonstanten im angegebenen Wellenbereich sowie einen Überblick über die auf dem Gebiet der biologischen und medizinischen Ultrakurzwellenwirkungen vorliegenden Arbeiten. Hieran anschließend werden interessante Ergebnisse eigener Untersuchungen der Verfasserin mitgeteilt betreffend das dielektrische Verhalten von Molekülen, die im lebenden Organismus als Fermente, Eiweißkörper usw. wichtig sind. So wird die Konzentrationsabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten sowie das Auftreten von Dispersionsgebieten (λ = 3 bis 6 m) in alkoholischen und wäßrigen Lösungen von Glykokoll, Betainen und Amino-Phosphatiden (Lecithin, Sphingomyelin) sowie von Cozymase, Muskel-Adenylsäure und Hefe-Adenylsäure bestimmt und aus diesen Messungen Rückschlüsse auf das Verhalten und die Eigenschaften der betreffenden Moleküle gezogen. Aus den hierbei gesammelten Beobachtungen wird unter Zugrundelegung einer Annahme über den Mechanismus der Fermentwirkung auf die Durchlässigkeit bestimmter Zellmembranen und auf Nervenleitungsvorgänge das Bestehen der Möglichkeit einer spezifisch dielektrischen Ultrakurzwellenwirkung auf den lebenden Organismus vermutet. Da bisher auf dem Gebiet der Ultrakurzwellenwirkung in biologischer und medizinischer Hinsicht die beobachteten Effekte durch thermische Wirkungen von Hochfrequenzfeldern zureichend erklärt werden können und ein einwandfreier Nachweis einer echten spezifischen Wirkung von Hochfrequenzfeldern auf biologische Objekte bisher nicht vorliegt, so ist die vorliegende Arbeit und die aus ihr sich gegebenenfalls ergebende Möglichkeit einer solchen Wirkung in physikalischer und biologischer Hinsicht interessant und läßt von einer Fortführung der Untersuchungen, besonders nach dem Gebiet kürzerer Wellen hin, wertvolle Ergebnisse erwarten. H. Klumb VDE.

Digitized by Google

DK 621.3(075)

Fachkunde für Elektriker. I. Teil: Grundlagen der Elektrotechnik (Fachrechnen und Fachkunde). Von W. Blatzheim, K. Uhrmann † und F. Schuth. 8. Aufl. Mit 137 Abb., IV u. 124 S. Preis kart. 2,60 RM. — II. Teil: Elektrische Maschinen und Meßgeräte (Fachkunde und Fachrechnen). Von W. Blatzheim. 5. Aufl. Mit 221 Abb., IV u. 189 S. Preis kart. 3,80 RM. — III. Teil: Die Installation von Starkstromanlagen. Von W. Blatzheim. 3. Aufl. Mit 320 Abb., VII u. 234 S. Preis kart. 4,80 RM. Format 155×232 mm. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1939.

Das Buch ist vornehmlich für den Unterricht an Berufsschulen, Meisterkursen u. dgl. bestimmt. Im I. Teil, Grundlagen der Elektrotechnik genannt, dienen einige Abschnitte dem Fachrechnen, dann werden die wichtigsten Gesetze des Gleich- und des Wechselstromes behandelt und ein Überblick über die Elektroinstallation gegeben. Teil II enthält die Besprechung aller wichtigen elektrischen Maschinen, dazu Akkumulatoren, Umspanner, Stromrichter; den Schluß bildet eine eingehende Erläuterung der elektrischen Meßgeräte einschließlich Zähler. Teil III umfaßt die Installation von Starkstromanlagen, und zwar die Einzelteile derselben, Schutzmaßnahmen, Verteilungssysteme, Lichttechnik und Leitungsberechnung. Das Veranschlagen ist kurz in Teil I behandelt. Merkwürdig ist, daß auf die besondere Behandlung des Magnetismus und Elektromagnetismus, ebenso der gesamten Schwachstromtechnik ganz verzichtet ist.

Die Bücher sind wegen der Sorgfalt in der Auswahl und Behandlung ihres Stoffes bestens bekannt. Unter Verzicht auf die Betrachtung der physikalischen Vorstellungen wird der unentbehrliche theoretische Wissensstoff einwandfrei wiedergegeben, die Beziehung zur Praxis mit Hilfe klarer Zeichnungen und guter Beispiele hergestellt; das Buch ist daher sehr zu empfehlen. K. Hoerner VDE.

DK 624.058.5 : 535

Spannungsoptik. Von Dr. G. Mesmer. Mit 197 z. T. farb. Abb., XI u. 222 S. im Format 165×235 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 28,50 RM, geb. 30 RM.

Zur Erforschung und Steigerung der Gestaltfestigkeit von Bauteilen ist es wichtig, die Verteilung der Spannungen unter der Betriebsbelastung zu kennen. Das polarisationsoptische Verfahren der Spannungsbestimmung hat bereits weite Verbreitung in der Praxis gefunden, besonders seitdem das Glasmodell durch viel leichter zu bearbeitende Körper aus organischen Stoffen ersetzt wurde und es gelang, mit ihrer Hilfe die Spannungsverteilung auch in dreidimensionalen Modellen zu ermitteln. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß in dem vorliegenden Werk die Grundlagen und zahlreichen Verbesserungen des Meßverfahrens, die in letzter Zeit erfolgten, übersichtlich zusammengestellt wurden. Um die Voraussetzungen zum Verständnis dieses Buches möglichst klein zu halten, werden zunächst die Grundzüge der Spannungslehre dargelegt. Dann folgen Abschnitte über die Grundgleichungen der optischen Doppelbrechung, die Grundgesetze ebener Spannungsfelder, die Meßgeräte, Versuchstechnik und Auswertung, und ein Abschnitt über Sonderfragen, wie dynamische und räumliche Probleme. Zum Schluß werden die bisher untersuchten Fälle mit ihren Ergebnissen geordnet und ein 12 Seiten umfassendes Schrifttumsverzeichnis angefügt. Zahlreiche, zum Teil farbige Abbildungen tragen wesentlich zum Verständnis dieses Werkes bei. A. Thum.

DK 662.933

Theorie und Berechnung der Kohlenstaubfeuerungen. Von Dr.-Ing. W. Gumz. Mit 40 Abb., V u. 92 S. im Format 165×240 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis kart. 8,70 RM.

Der Verfasser leitet, ausgehend von der Tatsache, daß in der praktischen Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung von den Möglichkeiten theoretischer Behandlung der Probleme nicht genügend Gebrauch gemacht worden ist, an Hand des einschlägigen Schrifttums die heute schon praktisch verwertbaren Berechnungsgrundlagen ab. Die Veröffentlichung erstrebt das Ziel, die Vorgänge in den Kohlenstaubfeuerungen unter Anwendung der in Betracht kommenden, gut erläuterten Gesetze der Aerodynamik und der Physik des Verbrennungsvorganges anschaulich zu machen und rechnerisch zu klären. Das Buch zeigt den heutigen Stand der Erkenntnisse und weist auf ihre Anwendbarkeit für die Praxis, aber auch auf die noch bestehenden Unsicherheiten und ungelösten Probleme hin. Zu deren Klärung ist weitere Forschungsarbeit theoretischer und versuchstechnischer Art erforderlich, für die das Buch wegweisend sein will, um unnötige Opfer an Zeit und Geld zu sparen. Das Buch gibt in seinem klaren Aufbau dem Konstruktions-, Versuchs- und Betriebsingenieur wertvolle Fingerzeige für seine Arbeit auf dem Sondergebiet der Kohlenstaubfeuerung. W. Ellrich VDE.

DK 62(092.1)

Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik. Von C. Matschoß. 2. Aufl. Mit 47 Abb. u. 334 S. im Format C 5. J. F. Lehmanns Verlag, München u. Berlin. Preis geh. 7 RM, geb. 8,40 RM.

Wenn von einem Buch kaum ein Jahr nach seinem Erscheinen bereits eine zweite Auflage notwendig wird, so ist das wohl ein unzweifelhafter Beweis dafür, daß das Buch auf dem Büchermarkt willkommen war. Im vorliegenden Falle ist diese Erfahrung besonders erfreulich, weil es sich um ein Werk aus dem etwas abseits liegenden Gebiet der Technikgeschichte handelt. Es scheint also doch nicht ganz den Tatsachen zu entsprechen, wenn man gelegentlich immer noch einmal auf die Meinung stößt, daß der Ingenieur für die Geschichte keinen Sinn und keine Zeit habe.

Der Mathematiker, der Physiker, der Mediziner, der Maler, der Bildhauer, sie alle kennen selbstverständlich das Leben und die Leistungen ihrer großen, in die Geschichte eingegangenen Vordermänner, und daß die Nachwelt dem Mimen keine Kränze flicht, stimmt heute auch nicht mehr. Eher trifft das schon beim Ingenieur zu. Was weiß man von den technischen Leistungen unserer Vorfahren? Wenn auf irgendeinem Marktplatz ein mittelmäßiges Bronzestandbild von Wilhelm dem Großen steht, so fragt der Fremde selbstverständlich nach dem Namen des Bildhauers, und jeder Droschkenkutscher, der die Fremden zu den Sehenswürdigkeiten der Stadt fährt, kann hierüber Auskunft geben. Wo aber eine gewaltige Brücke in elegantem Schwung die Ufer eines mächtigen Stromes verbindet, da kommt niemand auf den Gedanken, nach dem Erbauer zu fragen, und wenn wirklich einmal jemand fragen sollte, so bekäme er sicherlich keine Antwort.

Daß James Watt das Hauptverdienst an der Dampfmaschine und Stevenson an der Entwicklung der Dampflokomotive haben, ist allenfalls in einem kleinen Ausschnitt der nicht unmittelbar beteiligten Welt bekannt, vielleicht auch noch, daß die Dynamomaschine von Werner Siemens stammt. Wer aber weiß etwas von Agricola, von Otto von Guericke, von Georg Reichenbach, Nikolaus Otto oder Eugen Langen? Da ist es nun ein großes Verdienst von Conrad Matschoß, daß er die Lebensschicksale bedeutender Ingenieure, von dem großen Chinesen Yü des zweiten Jahrtausends vor Christus bis zu Oskar von Miller, kurz, anschaulich und in leicht lesbarer Form dargestellt hat. Dem Fachmann gibt er damit gewissermaßen seinen beruflichen Ahnenpaß in die Hand und für den Laien ist das Buch ein unterhaltsamer Begleiter auf dem Wege zur Achtung vor der technischen Leistung. Fr. Heintzenberg VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.

Bücher.

Lehrbuch der Hochfrequenztechnik. Von Oberpostrat Dr.-Ing. habil. F. Vilbig. 2. verbess. u. erweit. Aufl. Mit 1359 Abb., XXVIII u. 1019 S. im Format 170 × 240 mm. Akademische Verlagsges. m. b. H., Leipzig 1939. Preis geh 33 RM., geb. 35,80 RM. — Schrifttumsverzeichnis zum Lehrbuch der Hochfrequenztechnik. Mit 172 S. Preis geh. 7 RM., geb. 8 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. H. Graner VDE, München 22, Steinsdorfstr. 14.
Dr. W. Kesseldorfer VDE, Berlin-Charlottenburg 5, Riehlstr. 2.
Dr.-Ing. K. Pieck, Berlin-Grunewald, Hohenzollerndamm 137.
W. Schneider, Berlin-Charlottenburg 4, Danckelmannstr. 45 b. Voß.
Dr.-Ing. W. Zimmermann VDE, Berlin SW 61, Tempelhofer Ufer 21.

Abschluß des Heftes: 3. November 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 16. November 1939 | Heft 46

Günstigster Kugeldurchmesser einer Meßfunkenstrecke bei gegebenem Abstand von einer geerdeten Wand.

(Mitteilung aus dem Hochspannungsversuchsfeld des Schaltwerks der Siemens-Schuckertwerke AG.)

Von H. Kuntz VDE und H. Läpple VDE, Berlin.

DK 621.317.728

Übersicht. Der Aufsatz bringt das Ergebnis von Messungen über den Einfluß einer geerdeten Wand in der Nähe einer 250 mm-Meßfunkenstrecke. Aus dem Ergebnis werden die Schlußfolgerungen gezogen für die Wahl des Kugeldurchmessers bei beschränktem Raum.

In den „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke", deren Schlußfassung auf Seite 1309 veröffentlicht wird, sind neben den Eichwerten auch neue Angaben gemacht über die „Schutzabstände" zwischen den Meßkugeln und geerdeten oder spannungführenden Teilen, die eingehalten werden müssen, wenn die Eichkurven benutzt werden sollen. Die Einführung der neuen Regeln stellt deshalb den Hochspannungslaboratorien die Aufgabe, festzustellen, wieweit die vorhandenen Kugelfunkenstrecken den Regeln genügen. Weiter wird bei der Neuplanung von Hochspannungsräumen mit Meßfunkenstrecken häufig zu untersuchen sein, mit welchem Kugeldurchmesser bei gegebenem Raum eine möglichst hohe Spannung unter Benutzung der VDE-Eichkurven gemessen werden kann.

Abb. 1. Anordnung der Versuchsfunkenstrecke.

Für die Behandlung beider Fragen ist es notwendig, den Einfluß einer geerdeten Wand in verschiedenem Abstand von der Kugelfunkenstrecke zu kennen. In den neuen Regeln ist ein solcher Einfluß bei den Kurven über die erforderlichen Schutzabstände[1]) berücksichtigt. Für allgemeine Untersuchungen sind jedoch diese Kurven nicht geeignet, weil sie nicht eine physikalische Gesetzmäßigkeit wiedergeben, sondern nur als Anhalt für die Beschränkung der relativen Schlagweite bei Kugelfunkenstrecken mit kleinen Schutzabständen dienen sollen. Um die zu erwartenden Abweichungen von den Eichwerten bei Kugelfunkenstrecken mit kleineren als den VDE-mäßigen Schutzabständen festzustellen und um den günstigsten Kugeldurchmesser bei gegebenem Abstand von einer geerdeten Wand angeben zu können, wurden deshalb Messungen vorgenommen, wie sie ähnlich bereits von Schuep, van Cauwenberghe und Kopeliovitsch[2]) sowie von Kastenbein und Kellermeyer[3]) und in neuester Zeit von Binder und Hörcher[4]) ausgeführt worden sind.

Es wurde eine Kugelfunkenstrecke mit $D = 250$ mm Kugeldurchmesser in senkrechter Anordnung einer parallel zu ihrer Achse stehenden, geerdeten Wand aus Eisenblech genähert und die Überschlagswerte bei einseitiger Erdung und bei Wechselspannung mit 50 Hz nachgeprüft. Alle übrigen geerdeten Teile hatten immer mindestens eine Entfernung von 10 D vom Überschlagspunkt der unter Spannung stehenden Kugel. Die spannungführende Zuleitung war etwa 6 D, alle übrigen spannungführenden Teile weiter als 10 D entfernt (Abb. 1).

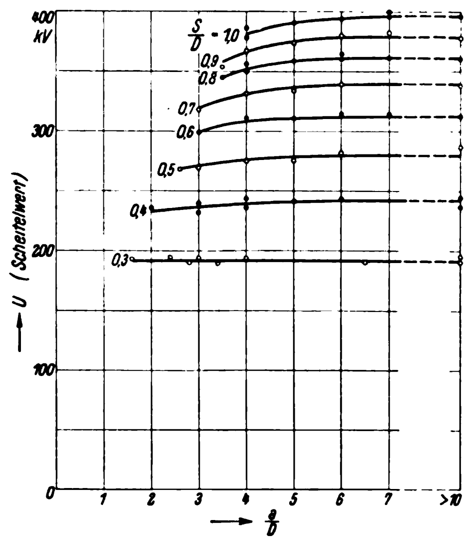


Abb. 2. Gemessene Überschlagspannungen U in Abhängigkeit vom Schutzabstand a bei konstanten Schlagweiten s (Kugeldurchmesser $D = 250$ mm, umgerechnet auf 20° C und 760 Torr.)

Da die Untersuchung nur auf Spannungs**unterschiede** ausgeht, spielt die absolute Höhe der Überschlagspannung eine untergeordnete Rolle. Soweit die

[1]) ETZ 60 (1939) H. 4, S. 100, Abb. 2.

[2]) Bericht über die CIGRE-Tagung 1931, Bd. II, S. 25 bis 36.
[3]) ETZ 52 (1931) S. 969.
[4]) ETZ 59 (1938) S. 161.

Digitized by Google

Bestimmung von Spannungswerten notwendig war, wurde als Grundlage dafür die Eichtafel in den neuen Regeln[5]) benutzt, bei der ein Schutzabstand $a > 5\,D$ vorausgesetzt ist.

Für die Überschlagspannungen bei gleichen Schlagweiten s und verändertem Abstand a ergaben sich die Kurven $U = f\,(a/D)$ in Abb. 2. Jeder dort eingetragene Meßpunkt stellt einen Mittelwert aus mindestens fünf einzelnen Meßwerten dar. Da es bei der vorliegenden Untersuchung sehr auf kleine Spannungsunterschiede ankommt, mußte auf die richtige Lage dieser Kurven besondere Sorgfalt verwendet werden. Deshalb wurde die Regelmäßigkeit in dem ganzen Kurvenfeld nach jeder Richtung nachgeprüft, indem die verschiedenen Abhängigkeiten für das Verhältnis k der gemessenen Überschlagspannung U zum Eichkurvenwert der Überschlagspannung U_E in Kurvenblättern aufgetragen und die etwa vorhandenen Unregelmäßigkeiten in den Schaulinien zeichnerisch ausgeglichen wurden. In Abb. 3 ist die Kurvenschar $k = f\,(a/D)$ dargestellt.

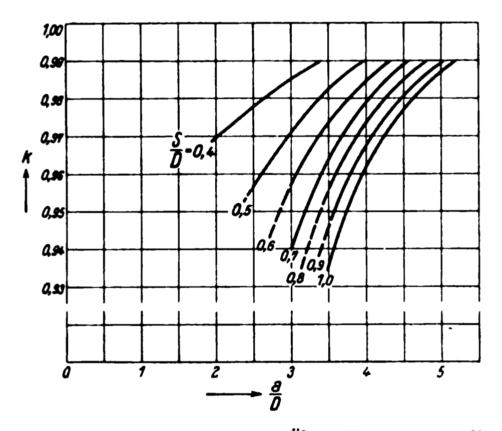


Abb. 3. Verhältnis k der gemessenen Überschlagspannung U zum VDE-Eichkurvenwert U_E in Abhängigkeit vom relativen Schutzabstand a/D bei konstanten relativen Schlagweiten s/D.

Eine Abschätzung der verschiedenen Fehlermöglichkeiten bei den beschriebenen Messungen (Ansprechgenauigkeit, Fehler bei der Schlagweitenmessung, Fehler bei der Spannungsmessung und Abhängigkeit der einzelnen Kurven voneinander) ergibt, daß der gefundene Einfluß der geerdeten Wand $(1 - k)$ mit einer Unsicherheit von ± 10 % behaftet ist.

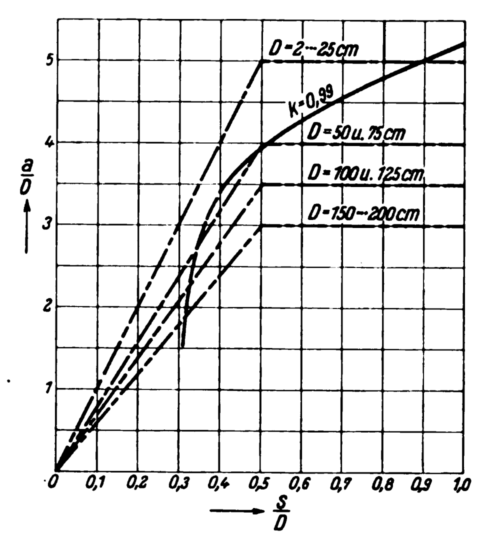
Die Kurven liegen ähnlich wie die der oben angeführten Untersuchungen anderer Verfasser, soweit diese mit geerdeten Schirmen ausgeführt sind. Abweichungen im Gebiet der größeren Schutzabstände lassen sich durch die verschiedene Ausdehnung der geerdeten Schirme und durch die verschiedenen Abstände der geerdeten Kugel vom Boden erklären. Mit den Versuchen, die mit einem kugelförmigen „Störkörper" angestellt sind, ist kein unmittelbarer Vergleich möglich; der Einfluß einer geerdeten Wand erweist sich bei allen Messungen größer als der der Störkugel.

Aus allen vorliegenden Messungen ist folgendes zu entnehmen:

1. Bei einer relativen Schlagweite von $s/D = 0{,}5$ wird ein Einfluß der geerdeten Wand dann merklich (> 1 %), wenn der Schutzabstand $a < 4\,D$ ist. (In den VDE-Regeln ist $a \gtrless 3\,D \cdots 5\,D$ je nach dem Kugeldurchmesser gefordert.)

2. Der Einfluß einer geerdeten Wand steigt beträchtlich, wenn die relative Schlagweite $s/D > 0{,}5$ wird. Dagegen ist bei relativen Schlagweiten $s/D \leq 0{,}3$ bis zu einem Schutzabstand $a = 1{,}5\,D$ der Einfluß der geerdeten Wand kaum merkbar (< 1 %). In diesem Schlagweitenbereich ist also der „Durchgriff" der zu der geerdeten Wand gehenden Feldlinien und ihr Einfluß praktisch bedeutungslos.

3. Setzt man eine bestimmte Grenze für den Fehler durch den Einfluß der geerdeten Wand fest, z. B. 1 % (Faktor $k = 0{,}99$), so läßt sich der erforderliche relative Schutzabstand a/D in Abhängigkeit von der relativen Schlagweite s/D als Schaulinie Abb. 4 angeben.



U gemessene Überschlagspannung
U_E VDE-Eichwert der Überschlagspannung
strichpunktiert: die vorgeschriebenen relativen Schutzabstände nach den neuen Regeln VDE 0430

Abb. 4. Erforderlicher relativer Schutzabstand a/D für konstanten Faktor $k = U/U_E = 0{,}99$ in Abhängigkeit von der relativen Schlagweite s/D.

4. Man kann voraussetzen, daß überwiegend die geometrischen Verhältnisse maßgebend für den Einfluß der geerdeten Wand auf die Überschlagspannung einer Kugelfunkenstrecke sind, so daß die ermittelten Kurven für alle Kugeldurchmesser annähernd gleich verlaufen[6]).

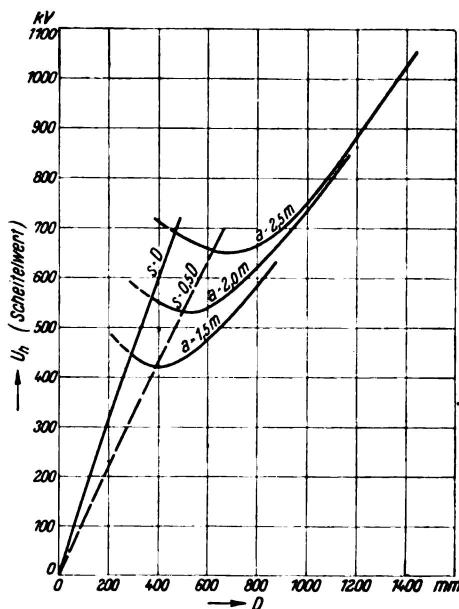


Abb. 5. Höchstwert der Meßspannung U_h für einen Einfluß der geerdeten Wand von höchstens 1 % in Abhängigkeit vom Kugeldurchmesser D bei 3 verschiedenen Schutzabständen a (s Schlagweite).

Die Kurven in Abb. 3 können also auch benutzt werden, wenn Anordnungen mit verschiedenen Kugeldurchmessern miteinander zu vergleichen sind, beispielsweise in dem wichtigen Fall, daß der Abstand a (Abb. 1) gegeben ist, und die höchste, mit einer festgelegten Genauigkeit von

[5]) wie Fußnote 1, S. 102.

[6]) Der Einfluß des Kugeldurchmessers, der bei den Messungen von Schuep (Fußnote 3, Fig. 1) zu Tage tritt, ist durch die geringe Ausdehnung des Schirmes im Verhältnis zum Kugeldurchmesser verursacht.

Digitized by Google

z. B. 1 % ($k = 0{,}99$) meßbare Spannung in Abhängigkeit vom Kugeldurchmesser bestimmt werden soll. Dazu entnimmt man zunächst aus den Schaulinien in Abb. 3 für verschiedene Kugeldurchmesser die bei dem betreffenden k-Wert zulässigen relativen Schlagweiten und rechnet die absoluten Schlagweiten daraus aus. Aus den Eichkurven sind die dazugehörigen Spannungswerte zu entnehmen. Diese führen, wenn man sie über den Kugeldurchmessern aufträgt, zu V-Kurven, wie sie in Abb. 5 dargestellt sind. Der Verlauf dieser Kurven gibt folgenden wichtigen Hinweis: Wenn es darauf ankommt, bei beschränktem Abstand a eine Meßfunkenstrecke für möglichst hohe Spannungen zu erhalten, so ist es günstig, große Kugeln bei kleiner relativer Schlagweite zu benutzen. (Eine Grenze für den Meßbereich nach oben ist durch die Überschlagspannung zwischen Kugelschaft und Wand gezogen.) Die Rücksicht auf die in den Regeln genannten Mindestschutzabstände darf also nicht davon abhalten, diese relativen Schutzabstände zugunsten größerer Kugeln zu unterschreiten; denn auch dann bringen die größeren Kugeln die Möglichkeit, die VDE-Eichwerte für höhere Spannungen zu benutzen.

Zusammenfassung.

Der Einfluß einer geerdeten Wand parallel zur Achse einer Kugelfunkenstrecke ist vernachlässigbar, wenn bei der Messung die relative Schlagweite nicht über $s/D = 0{,}3$ ausgedehnt wird. Bei beschränktem Raum ist es also vorteilhaft, die Kugeln entsprechend groß zu wählen und kleinere relative Schutzabstände in Kauf zu nehmen.

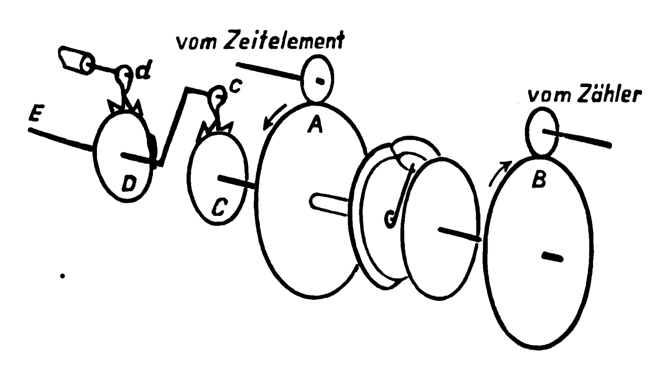
Fortschritte im Bau von Überverbrauchszählern.

Von H. Krüzner VDE, Wien.

DK 621.317.785

Übersicht. Die Entwicklung der Überverbrauchszähler wird beschrieben, die wichtigsten Fehlerquellen gezeigt und die Ergebnisse, die mit solchen Zählern neuzeitlicher Bauart erhalten wurden, wiedergegeben.

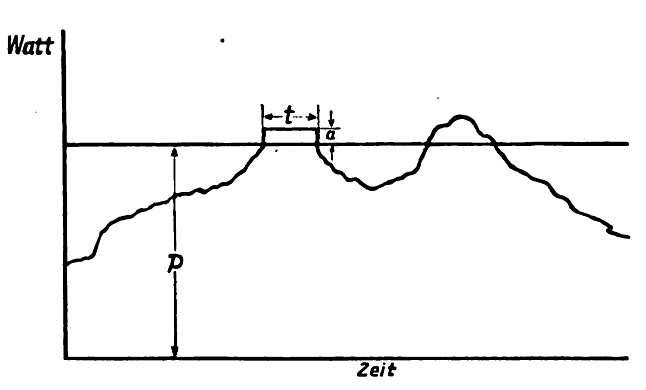
Wenn die Entwicklung des Tarifwesens den Überverbrauchszählern kein so weites Gebiet mehr einräumt, wie dies früher den Anschein hatte, so gibt es doch noch eine Reihe von Fällen, in denen ein Bedarf an solchen Zählern vorliegt (z. B. elektrochemische Betriebe usw.). Ein Hauptgrund für die spärliche Anwendung dieser Zählerform war sicherlich auch die geringe Vollkommenheit dieser Apparate. So war es bekanntlich auch bei größter Sorgfalt bislang kaum möglich, zwei Überverbrauchszähler in Kontrollschaltung so abzugleichen, daß ihre Anzeigen, namentlich bei schwankender Belastung, halbwegs zufriedenstellend miteinander übereinstimmten. Der Zweck dieser Ausführungen ist nun, die Ursachen dieser geringen Anzeigegenauigkeit älterer Bauformen und die Mittel zur Verbesserung der Meßgenauigkeit zu zeigen.



A, B Sonnenräder *C–c, D–d* Sperrgetriebe *E* Zählwerkachse

Abb. 1. Schematische Darstellung des Getriebes eines Überverbrauchszählers.

Die wesentlichen Getriebeteile eines Überverbrauchszählwerkes gebräuchlicher Art sowie ein Belastungsschaubild geben die Abb. 1 und 2 schematisch wieder. In Abb. 1 stellt A jenen Teil des Differentialgetriebes dar (Antriebsrad starr verbunden mit Sonnenrad), der vom Zeitelement (Uhr, Ferrarismotor usw.) in der gezeichneten Pfeilrichtung angetrieben wird. Das zweite Sonnenrad, welches mit dem Antriebsrad B starr verbunden ist, wird vom Zählersystem aus im entgegengesetzten Sinn in Drehung versetzt. Die Drehzahl p (U/min) des Getriebeteiles A entspricht der Pauschalgrenze von P Watt (siehe Abb. 2), die Drehzahl des Rades B der jeweiligen Belastung des Zählers. Übertrifft nun die Laufgeschwindigkeit von B jene von A, so läuft das Planetenrad vorwärts und überträgt seine umlaufende Bewegung über Sperrad und Sperrzahn C und c über die Achse E auf die Zahlenrollen des Überverbrauchszählwerkes. Im gegenteiligen Fall läuft das Planetenrad rückwärts, C und c laufen leer; eine Rückwärtsdrehung von E wird durch ein weiteres Sperrgetriebe D und d verhindert. D sitzt fest auf der Achse E.



P Pauschalgrenze *a* Überverbrauch *t* Dauer des Überverbrauchs

Abb. 2. Belastungsschaubild.

Um nun eine richtige Zählung des Überverbrauches zu gewährleisten, sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

1. Die vom Zeitelement abgeleitete Drehzahl p muß hinreichend konstant und frei von Schwankungen sein.
2. Die Fehlerkurve des Zählersystems muß in dem in Betracht kommenden Bereich praktisch geradlinig sein und muß sich mit der Nullinie des Fehlerdiagrammes decken.

Digitized by Google

3. Zusätzliche Fehler, welche vom toten Gang des Getriebes usw. herrühren, müssen vermieden werden oder dürfen ein erträgliches Maß nicht überschreiten.

Die Erfüllung der Bedingung 1 fällt schwerer als es scheint. Ist der Überverbrauch a (Abb. 2) z. B. gleich 10 % des Wertes P, so wirkt sich eine Schwankung der Drehzahl p von 1 % in der Angabe des Überverbrauchszählwerkes in der Größe von 10 % aus. Dies zeigt, daß bei dem manchmal als Zeitelement angewendeten Ferrarismotor (Vorteil der leichten Verstellbarkeit der Pauschalgrenze) nennenswerte Fehler wegen der Spannungsabhängigkeit nie zu vermeiden sind, daß aber auch Synchronmotoren heute noch nicht zum gewünschten Ergebnis führen. Die Frequenzschwankungen betragen auch in Netzen mit Synchronuhren oft ± 0,5 Hz, da sich die Regelung meist nur auf einen richtigen Gang der Uhren über eine verhältnismäßig längere Zeitspanne erstreckt, kurzzeitige Frequenzschwankungen aber hingenommen werden. Es verbleibt somit für das Zeitelement in erster Linie nur das Uhrwerk. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß dasselbe nicht ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen verwendbar ist; es wirkt sich sonst der von Natur aus ruckweise Gang des Uhrwerkes so nachteilig auf den Zählvorgang aus, daß auch das Uhrwerk zu unbrauchbaren Ergebnissen führt. Auf die Beseitigung dieser Schwierigkeit soll später eingegangen werden.

Die Bedingung 2 muß erfüllt sein, weil der Zähler bei derjenigen Belastung, welche der Pauschalgrenze entspricht, praktisch keinen Fehler aufweisen darf. Würde ein solcher an diesem Punkt zugelassen, so käme es aus den zu Beginn des vorigen Absatzes angeführten Gründen, auch dann, wenn dieser Fehler klein ist, gleichfalls zu unbrauchbaren Fehlmessungen. Da meist verlangt wird, daß die Pauschalgrenze in einfacher Weise geändert werden kann (Wechselräder), begnügt man sich in der Regel nicht damit, das Zählersystem bei gekrümmter Fehlerkurve für den der Pauschalgrenze entsprechenden Belastungspunkt allein auf Null einzuregeln, sondern es ist eine weitgehende Geradlinigkeit der Fehlerkurve in jenem Bereich, der für die Einstellung der Pauschalgrenze in Frage kommt, erforderlich. In diesem ganzen Bereich muß sich dann die Fehlerkurve mit der Nullinie des Fehlerdiagrammes möglichst decken. Bei hochgestellten Ansprüchen wird es trotzdem empfehlenswert sein, die Zähler bei Veränderung der Pauschalgrenze neu zu justieren. Der Bedingung 2 kommt man durch die heute bereits vielfach angewendeten Präzisionszählersysteme nahe, welche für den vorliegenden Zweck allein geeignet sind.

Am schwierigsten ist die Bedingung 3 zu erfüllen. Es könnte zunächst scheinen, daß durch die mit dem Zählvorgang sich oszillierend abspielenden Drehbewegungen im Differentialgetriebe bei Über- und Unterschreitungen der Pauschalgrenze in erster Linie durch diesen Vorgang ein sich schädlich auswirkender toter Gang im Zählwerk einstellt. Eine Vermeidung des Differentialgetriebes unter völliger Umstellung des Zählvorganges wurde auch versuchsweise erprobt[1]). Jedoch zeigte sich, daß es bei präziser Ausführung des Differentialgetriebes und bei Erfüllung gewisser Vorsichtsmaßregeln an den zu diesem hinführenden Getriebeteilen verhältnismäßig leicht fällt, den Aufbau so herzustellen, daß der Zählvorgang nicht beeinträchtigt wird. Dadurch erübrigen sich Bauweisen, die den Zählvorgang erschweren würden. Wesentlich schwieriger fällt die Beseitigung jenes toten Ganges, der sich im Zählwerk durch die Sperrgetriebe $c-C$ und $d-D$ (Abb. 1) einstellt.

Tritt ein Überverbrauch in der Größe von a Watt auf, so läuft das Planetenrad und damit das Rad C mit einer Drehzahl:

$$n = p\left(1+\frac{a}{P}\right)-p = p\,\frac{a}{P}$$

[1]) Vgl. z. B. österr. Pat. Nr. 153 988 u. 155 021.

nach vorwärts. Es benötigt also

$$\frac{1}{n} = \frac{P}{a\,p}$$

Minuten für einen Umlauf. Weist das Sperrad C eine Zähnezahl z und eine Teilung τ auf, so ist eine Zeit von

$$t' = \frac{P}{a\,p\,z}$$

Minuten erforderlich, damit die Spitze des Sperrzahnes c — wenn sie eben auf der Spitze eines Zahnes des Rades aufgesessen ist — die Zahnteilung durcheilt und am Grund der Zahnlücke eingreift, um dann das Sperrad mitzunehmen. Vor dem Verstreichen dieser Zeitspanne werden die Zahlenrollen nicht bewegt, falls der Zahn, was den ungünstigsten Fall darstellt, die ganze Teilung bis zum Zustandekommen des Eingriffes durchlaufen muß. Beim Aufhören des Überverbrauches und Unterschreitung der Pauschalgrenze tritt analog der Vorgang am zweiten Sperrad $d-D$ auf. Bis zum Zustandekommen des Eingriffes an diesem Sperrgetriebe können also die Zahlenrollen zurückgedreht werden, falls an den Teilen $c-C$ hinreichend Reibung vorhanden ist.

Ist beispielsweise bei einem Drehstromzähler für 5 A und 3 × 110 V $P = 500$ W, $\tau = 0{,}5$ mm, $p = 0{,}1$ U/min, $z = 100$, so kann eine Zeit $t' = 10$ min verstreichen, bis das Getriebe bei einem Überverbrauch von $a = 5$ W (entspricht 1 % von P) überhaupt in Eingriff kommt.

Ist also z. B. bei gegebenem $a\,t < t'$ (Abb. 2), so kommt es zu keinerlei Anzeige am Überverbrauchszählwerk. Es muß daher getrachtet werden, die Zeit t' so klein als möglich zu halten. Nun ist es aber aus Gründen des Aufbaues, Raumbedarfes und der Herstellungsmöglichkeit nicht durchführbar, etwa die Teilung der Sperräder beliebig fein zu gestalten oder dieselben in ihren Abmessungen stark zu vergrößern. Bei diesen Rädern fällt es meist schwer, über 15 mm Dmr. und geringere Teilungen als 0,5 mm hinauszukommen.

Somit bleibt als Verbesserungsmöglichkeit nur die Erhöhung der Tourenzahl p bestehen. Würde diese z. B. auf den zehnfachen, vorangeführten Wert gesteigert, so verringern sich die Fehler selbstverständlich gleichzeitig auf den zehnten Teil. Dies ist auch tatsächlich durch eine besondere Ausbildung des als Zeitelement verwendeten Uhrwerkes gelungen, ohne daß sich durch diese Drehzahlsteigerung andere nachteilige Folgen ergeben hätten. Im wesentlichen wird hierzu zwischen das Uhrwerk im Zuge der Getriebeteile, welche zum Rad A führen, eine Feder eingebaut, welche als elastisches Zwischenglied und als Energiespeicher dient. Diese Feder bewirkt, daß sich der ruckweise Gang des Uhrwerkes nicht auf das Zählwerksgetriebe selbst störend überträgt, sondern die Drehung ruhig vonstatten geht und Stöße in der Bewegung praktisch nicht mehr feststellbar sind. Eine an der Aufzugscheibe (Ferrarismotor des Uhrwerkes) angebrachte magnetische Dämpfung trägt zur weiteren „Glättung" der Bewegung bei. Durch diese Anordnung wird auch erreicht, daß die zwischen dem Zeitelement und dem Differential befindlichen Getriebeteile eine „Vorspannung" aufweisen, die den schädlichen toten Gang an dieser Stelle hintan hält.

Nach dieser Bauweise ausgebildete Geräte zeigten im mehrmonatlichen praktischen Betrieb nach vorheriger zufriedenstellender Überprüfung an einer Eichstelle folgendes Ergebnis: Zwei Zähler, die in einem elektrochemischen Betrieb in Kontrollschaltung eingebaut waren, zeigten an den Gesamtverbrauchszählwerken Anzeigeunterschiede, die unter 0,35 % der Anzeige verblieben. Die gleichzeitig an den Überverbrauchszählwerken festgestellten Anzeigenunterschiede bewegten sich im gleichen Sinn unter 0,4 %. Während dieses Teiles der Beobachtungsperiode, der etwa 214 Stunden betrug, wurden etwa 140 Überschreitungen der Pauschalgrenze festgestellt, welche insgesamt einen

Digitized by Google

Zeitraum von nur acht Stunden umfaßten. Die höchste Überschreitung der Pauschalgrenze während dieser Zeit betrug rd. ⅓ des Wertes *P*, die niedrigste 1 bis 2 % hiervon. Die längste Überschreitung der Pauschalgrenze währte 70 min, die kürzesten Überschreitungen waren Belastungsstöße. Der gesamte Überverbrauch während der angeführten Beobachtungsperiode war geringer als 1 % des Gesamtverbrauches. Im Laufe der mehrmonatigen Beobachtungszeit war dies der für die Zähler ungünstigste Abschnitt. Auch innerhalb der übrigen Zeitabschnitte, im Laufe der Erprobung, blieben alle Anzeigefehler innerhalb der gleichen Größenordnung, waren also praktisch vernachlässigbar.

Zusammenfassung.

Nach der in letzter Zeit geleisteten Entwicklungsarbeit ist es möglich, Überverbrauchszähler so zu bauen, daß ihre Anzeigegenauigkeit völlig den an Zähler allgemein gestellten Anforderungen entspricht, was bisher kaum möglich war.

Über die Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung.

Von **W. Zimmermann VDE**, Berlin.

(Schluß von S. 1282.)

DK 621.316.91.004.14

Schutzschaltung.

Diese Schutzmaßnahme ist erheblich weniger oder sogar praktisch unabhängig vom Erdungswiderstand, d. h. sie bleibt auch noch wirksam, wenn der Widerstand der Erdung der Fehlerspannungsspule verhältnismäßig hohe Werte annimmt. Auf der anderen Seite sind aber wiederum gewisse Besonderheiten bei der Durchführung der Schutzschaltung zu beachten, die durch die Eigenart dieser Schutzmaßnahme bedingt sind und deren Vernachlässigung ihr Wirksamwerden in Frage stellen könnte. Der zur Durchführung der Schutzschaltung nötige Schutzschalter, der einen mit der sogenannten Fehlerspannungsspule als Auslöseorgan versehenen Schalter darstellt, muß in sich selbst zuverlässig gebaut und auch vor äußeren Einwirkungen, die seine mechanische Wirksamkeit beeinträchtigen könnten, geschützt sein. Außerdem muß Vorsorge getroffen sein, daß die elektrische Wirksamkeit der Fehlerspannungsspule nicht etwa durch leitende Überbrückungen im Zuge der Schutzleitung, die von dem zu schützenden Anlageteil über die Fehlerspannungsspule zur Erde verläuft, unwirksam gemacht wird, wie dies etwa durch leitende Gebäudeteile, auf denen die Schutzleitung entlanggeführt ist, geschehen könnte. Hierauf muß um so mehr Bedacht genommen werden, als angesichts der niedrigen Auslösestromstärke der Fehlerspannungsspule, die nur Bruchteile eines Ampere beträgt, schon Überbrückungen mit einem verhältnismäßig hohen Widerstand ihre Wirksamkeit in Frage stellen können.

Schließlich muß bei der Schutzschaltung auch die Gewähr gegeben sein, daß nicht etwa Schäden an der Wicklung der Fehlerspannungsspule, wie sie insbesondere durch atmosphärische Überspannungen, namentlich in Freileitungsnetzen, verursacht werden könnten, Versager eintreten.

Um das etwaige Auftreten derartiger Unregelmäßigkeiten jederzeit durch Überprüfung feststellen zu können, sind die Schutzschalter mit einer sogenannten Überwachungseinrichtung (Prüftaste) versehen, die es dem Anlagenbetreiber in einfacher Weise ermöglicht, sich von dem ordnungsmäßigen Zustand zu überzeugen. Allerdings darf hierbei nicht übersehen werden, daß in diese Art Prüfung nicht der ganze Verlauf der Schutzleitung einbezogen ist. Durch die Prüftaste wird nämlich lediglich der von der Fehlerspannungsspule zur Erde gehende Teil der Schutzleitung überprüft, wogegen der zu dem zu schützenden Anlageteil liegende Teil der Schutzleitung sogar bei der Prüfung zwangsläufig abgeschaltet werden muß, damit nicht eine Unterspannungsetzung erfolgt. Es ist somit die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß trotz positiven Prüfergebnisses eine Unterbrechung des dem zu schützenden Anlageteil zugelegenen Teiles der Schutzleitung unbemerkt bleibt und ein ordnungsmäßiger Zustand vorgetäuscht wird. Auf diesen Umstand muß also — ebenso wie dies übrigens bei jeder Schutzleitung der Fall ist — unbeschadet der Prüfung mittels der Prüftaste geachtet werden.

Man sieht also, daß bei der Schutzschaltung dem Vorzug, den sie wegen ihrer weitaus geringeren Abhängigkeit vom Erdungswiderstand vor der Erdung und Nullung aufweist, gewisse höhere Anforderungen an die Sorgfalt der Verlegung der Schutzleitung und die Rücksichtnahme auf die Eigenart des Schutzschalters gegenüberstehen. Es ist auch nicht zu bestreiten, daß sich in der Praxis gelegentlich Schwierigkeiten gezeigt haben, die insbesondere auf Unzulänglichkeiten der ersten Ausführungen der Schutzschalter zurückzuführen waren. Auch wird gelegentlich mit Verstößen gegen die Anforderungen an die Durchführung der Schutzschaltung zu rechnen sein. Daraus darf aber keineswegs etwa gefolgert werden, daß gegen die Schutzschaltung grundsätzliche Bedenken zu erheben seien. Vielmehr muß auch hier im positiven Sinne die Forderung gestellt werden, daß die Zuverlässigkeit der Schutzschalter in sich selbst weitestgehend vervollkommnet und auf sorgfältige Montage Bedacht genommen werden muß.

b. Anforderungen an die zu schützenden Anlageteile und Geräte.

Eine unerläßliche Voraussetzung für das Wirksamwerden der Schutzmaßnahmen Erdung, Nullung und Schutzschaltung besteht darin, daß beim Auftreten eines Fehlers ein Strom zustande kommt, der ausreicht, um bei der Erdung und Nullung die Sicherung zum Abschmelzen oder den Selbstschalter zum Auslösen und bei dem Schutzschalter die Fehlerspannungsspule zum Ansprechen zu bringen. Die Höhe des Widerstandes an der Fehlerstelle ist somit von ausschlaggebender Bedeutung. Erfahrungsgemäß liegt der Widerstand an der Fehlerstelle aber in den meisten Fällen niedrig genug, da es sich durchweg um einen metallischen Kontakt handelt, wenn ein Schaden zwischen den spannungführenden Teilen und dem Gehäuse eines Gerätes entsteht. Isolationsschäden, bei denen diese Bedingung nicht erfüllt wäre, können sich zweifellos so auswirken, daß ein Fehlerstrom längere Zeit bestehen bleibt und durch örtliche Erwärmung auch noch Brandschaden anrichtet. Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß derartige Erscheinungen auch beim Körper- oder Erdschluß in einer nicht mit Schutzmaßnahmen versehenen Installation auftreten können, und daß hier sogar die Verhältnisse noch ungünstiger liegen insofern, als der Widerstand des Fehlerstrompfades noch höher sein wird als dies bei Anwendung einer Schutzmaßnahme der Fall ist.

Digitized by Google

Derartige ungünstige Begleitumstände dürften sich nun vor allem dort ergeben, wo durch äußere Einwirkung, wie z. B. aggressive Feuchtigkeit oder starke Verschmutzung, die Betriebsisolation zerstört oder überbrückt wird und auf diese Weise Stromübergangswege, die mit größerem Widerstandswert behaftet sind, entstehen. Gegen derartige Zerstörungen schleichender Art — wie man sie im Gegensatz zu metallischen Störungskontakten bezeichnen könnte — müssen aber Material und Geräte von Haus aus geschützt sein. Wenn eine Anlage als ordnungsgemäß erstellt gelten können soll, muß jedenfalls von Geräten und Material gefordert werden, daß sie in sich eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen solche Sonderbeanspruchungen besitzen. Um diesen Verhältnissen Rechnung zu tragen, sind Material und Geräte für erhöhte Beanspruchungen, und zwar sowohl solche mechanischer als auch nichtmechanischer Art, wie Feuchtigkeits- und Verschmutzungseinwirkungen, entwickelt worden, deren Anwendung man selbstverständlich auch dort, wo solche Beanspruchungen vorliegen, verlangen muß. Geschähe dies nicht, so ergäbe sich der Zustand, daß mit Schäden, die gewissermaßen zwangsläufig mit der Zeit eintreten, gerechnet werden müßte. Die Forderung muß also dahin gehen, daß den Betriebsbeanspruchungen in jeder Hinsicht gewachsenes Material genommen werden muß, und es wäre abwegig, etwa die Anwendung von Schutzmaßnahmen als eine Vorbeugungsmaßnahme geltend machen zu wollen, die es rechtfertigen könnte, eine an sich unzulängliche Installations- oder Materialart anzuwenden. Wenn also z. B. in einer Installation, in der infolge starker Feuchtigkeitseinwirkungen die Rohrverlegung der Leitungen als unzulänglich angesehen werden müßte, nicht ein in sich genügend widerstandsfähiges Leitungssystem, wie die kabelähnliche Leitung und das passende abgedichtete Zubehör, verwendet werden würde, könnte man ein solche Anlage nicht als VDE-mäßig ansprechen. Das gleiche gilt selbstverständlich auch für Geräte, für die eine Bauart verlangt werden muß, die den jeweils vorhandenen Betriebsbeanspruchungen von Haus aus gewachsen ist.

Auch sonstige Möglichkeiten der unzulässigen Widerstandserhöhung im Fehlerstromkreis müssen selbstverständlich in den Anlageteilen und Geräten durch ihre Bauart vermieden sein. Hierzu gehört insbesondere die Kontaktgabe am Schutzkontakt von Steckvorrichtungen. Bei älteren Konstruktionen hat man hier wohl unzulängliche Verhältnisse feststellen können insofern, als für die Kontaktgabe Eisen auf Eisen gewählt und die Kontaktausbildung minderwertig war, so daß durch Verschmutzen und Rosten der Kontaktstelle eine unzulässige Widerstandserhöhung eintreten konnte. Derartige Konstruktionen müssen aber nach heutiger Auffassung als gänzlich überholt angesehen werden. Die grundsätzliche Forderung der VDE-Vorschriften geht jedenfalls dahin, daß der Schutzkontakt eine ebenso zuverlässige Kontaktgabe wie die betriebsmäßig stromführenden Kontakte gewährleisten muß. Dementsprechend muß der Schutzkontakt von Steckdosen so angeordnet und ausgebildet sein, daß ein unzulässiges Ansteigen des Kontaktwiderstandes verhindert ist. Gegen Verschmutzen und Rosten, d. h. die Erscheinungen, die in erster Linie zu unzulässigen Erhöhungen des Kontaktwiderstandes führen, muß also bei Konstruktionen, die Anspruch auf VDE-Mäßigkeit erheben wollen, Vorsorge getroffen sein. Derartige Konstruktionen stehen auch heute zur Verfügung, so daß ihre Verwendung nur eine Frage der sachkundigen Auswahl ist.

Außer der ordnungsmäßigen Erstellung muß selbstverständlich auch die ordnungsmäßige Unterhaltung und der ordnungsmäßige Betrieb der Anlagen bei der Urteilsbildung über die praktische Bewährung der Schutzmaßnahmen vorausgesetzt werden. Man wird jedenfalls nicht verlangen können, daß auch in vernachlässigten Anlagen die Schutzmaßnahmen Schäden verhüten müssen. So wäre es abwegig, zu verlangen, daß bei der Weiterbenutzung offensichtlich schadhafter Anlageteile und Geräte die Schutzmaßnahmen Schäden vorbeugen sollen, denn gegen die Schäden, die bei unmittelbarer Berührung spannungführender Teile, wenn sie z. B. infolge der Zerstörung einer isolierenden Verkleidung blank gelegt werden, entstehen können, sind schließlich alle Schutzmaßnahmen wirkungslos. Für ihren Gebrauch unzulänglich gewordene Gegenstände können einfach nicht mehr so benutzt werden, als ob sie in Ordnung befindlich wären. Dieser Grundsatz gilt ganz allgemein nicht nur für elektrotechnische Gegenstände, und wenn gegen ihn verstoßen wird, kann dies nur als grobe Fahrlässigkeit bezeichnet werden, die ungefährlich zu machen die Schutzmaßnahmen aber keinesfalls berufen sind.

Vergleich der verschiedenen Schutzmaßnahmen.

Vergleicht man die drei betrachteten Schutzmaßnahmen: Erdung, Nullung und Schutzschaltung miteinander in bezug auf ihre praktischen Anwendungsmöglichkeiten, so kann gesagt werden, daß die Einhaltung der VDE-Bestimmungen für die Anwendung der Erdung und Nullung unter Umständen deswegen auf Schwierigkeiten stoßen kann, weil der niedrige Erdungswiderstand, der hier erforderlich ist, insbesondere bei ungünstigen Bodenverhältnissen größere Aufwendungen bedingen würde, als sie bei der Schutzschaltung nötig wären. Anderseits erfordert bei der Schutzschaltung, die als solche praktisch unabhängig von der Höhe des Erdungswiderstandes anwendbar ist, die Installation der Schutzleitungsanlage besondere Sorgfalt. Es ist auch sicherlich gelegentlich damit zu rechnen, daß die Voraussetzungen für eine einwandfreie Durchführung dieser oder jener Schutzmaßnahme nicht beachtet werden. Daraus aber, daß die Durchführung der einen oder anderen Schutzmaßnahme gelegentlich auf Schwierigkeiten stoßen kann oder daß sie gelegentlich unvollkommen durchgeführt wird, darf jedoch keineswegs gefolgert werden, daß sie nun etwa allgemein abgelehnt werden oder eine bestimmte Schutzmaßnahme als allein zulässige erklärt werden müßte. Ebensowenig wie eine bestimmte Schutzmaßnahme dort zur Anwendung kommen darf, wo die Voraussetzungen für ihre ordnungsmäßige Durchführung nicht gegeben sind, darf sie dort abgelehnt werden, wo diese Voraussetzungen tatsächlich erfüllt sind. Mit anderen Worten, es darf die Entscheidung darüber, welche Schutzmaßnahme jeweils gewählt wird, nur davon abhängig gemacht werden, daß die Einhaltung der einschlägigen VDE-Bestimmungen tatsächlich gewährleistet ist. Wenn diese Frage bejaht wird, muß jede der zur Wahl stehenden Schutzmaßnahmen gleichwertig und gleichberechtigt als zulässig angesehen werden, und nur, insoweit sich etwa im Einzelfall für die eine oder andere Schutzmaßnahme ergeben sollte, daß diese Voraussetzung nicht erfüllt sein würde, müßte sie ausgeschlossen und eine andere gewählt werden. Daß diese Auffassung richtig ist, bestätigen die langjährigen praktischen Erfahrungen, wie sie insbesondere in der Elektrizitätsversorgungspraxis gesammelt worden sind, die dahin gehen, daß bei Einhaltung der heute gültigen VDE-Bestimmungen von jeder dieser Schutzmaßnahmen eine ihrem eigentlichen Sinn und Zweck entsprechende zufriedenstellende Bewährung erwartet werden kann und sich auch irgendwelche Anwendungsschwierigkeiten grundsätzlicher Art nicht gezeigt haben. Wenn somit zu irgendeiner Einschränkung grundsätzlicher Art in der freien Wahl der Art der Schutzmaßnahmen keinerlei Anlaß vorliegt — es sei denn, daß in den VDE-Vorschriften selbst für Fälle, in denen auch der Schutz gegen unmittelbare Berührung spannungführender Teile als notwendig erachtet wird, die Kleinspannung als alleinige Schutzmaßnahme gefordert wird —, so können sich doch gewisse Einschränkungen praktisch im Einzelfall als nötig erweisen, wie z. B. die Ausschließung der Nullung, wenn etwa die Nullungsbedingungen

Digitized by Google

im speisenden Netz nicht erfüllt wären. Diese Beschränkungen ergeben sich aber schon zwangläufig aus der Forderung, daß die einschlägigen VDE-Bestimmungen in jedem Fall erfüllt sein müssen und ihre Einhaltung auch auf die Dauer gewährleistet sein muß.

Wenn sich gelegentlich noch, vor allem in bestehenden Anlagen, Unzulänglichkeiten zeigen, die trotz der Anwendung von Schutzmaßnahmen aufgetreten sind, so muß die Abhilfe, falls die Schutzmaßnahme als solche nicht ordnungsmäßig durchgeführt war, in der Richtung gesucht werden, daß den VDE-Bestimmungen für Schutzmaßnahmen in vollem Umfang Geltung verschafft wird. Solchen Vorkommnissen dagegen, bei denen Schäden trotz ordnungsmäßiger Anwendung der Schutzmaßnahmen aufgetreten sind, muß unbedingt dadurch begegnet werden, daß eine Verbesserung der Anlageteile und Geräte selbst durchgeführt wird und der Notwendigkeit des Ansprechens von Schutzmaßnahmen vorgebeugt wird. Die eigentliche Zweckbestimmung der Schutzmaßnahmen kann jedenfalls nur darin erblickt werden, daß sie dort, wo noch unvermeidliche Unvollkommenheiten und Mängel an elektrischem Material und Geräten selbst bestehen, Schäden, die hierdurch hervorgerufen werden könnten, verhindern sollen. Die Schutzmaßnahmen sind also nicht Selbstzweck, sondern sie haben nur Aufgaben zu erfüllen, die insofern als zeitbedingt gekennzeichnet werden können, als sie im weiteren Verlauf der Entwicklung einmal völlig entbehrlich werden können, dann nämlich, wenn die Anlageteile und Geräte in sich selbst so zuverlässig sind, daß die Störungen, deren Auswirkung sie vorbeugen sollen, nicht mehr vorkommen können. Es darf somit nicht der Fehler gemacht werden, daß Unzulänglichkeiten der Anlageteile und Geräte, die zum Ansprechen der Schutzmaßnahme geführt haben oder voraussichtlich führen müßten, als unabänderliche Tatbestände hingenommen werden. Die Forderung muß vielmehr dahin gehen, daß Anlageteile und Geräte, die sich in einem Zustand befinden, daß ihr Schadhaftwerden und damit das Ansprechen der Schutzmaßnahme wahrscheinlich wird, unbedingt ausgewechselt werden müssen. Ebenso wie für ein neues Gerät der Konstrukteur oder Hersteller sich nicht darauf verlassen darf, daß zusätzliche Schutzmaßnahmen im Falle der Isolationsstörung weiteres Unheil verhindern, darf selbstverständlich der Betreiber einer Anlage es nicht dabei bewenden lassen, beschädigte Anlageteile und Geräte im Vertrauen auf die Schutzmaßnahme weiter zu verwenden.

Zusammenfassung.

Für die Auswahl der Schutzmaßnahmen und ihre praktische Durchführung ergeben sich folgende Forderungen:

1. Die Frage, ob von den verschiedenen in den VDE-Bestimmungen zur Wahl gestellten Schutzmaßnahmen die eine vor der anderen bevorzugt werden kann oder soll, ist gegenstandslos, wenn die für die jeweils gewählte Schutzmaßnahme in Betracht kommenden VDE-Bestimmungen tatsächlich eingehalten sind. Aus der Forderung, daß die VDE-Bestimmungen eingehalten werden müssen, ergibt sich nämlich von selbst, inwieweit etwa im Einzelfalle die eine oder andere Schutzmaßnahme nicht zur Anwendung kommen kann oder eine bestimmte Schutzmaßnahme bevorzugt werden muß.
2. Es muß gewährleistet sein, daß die in den VDE-Bestimmungen festgelegten Anwendungsvoraussetzungen und -bedingungen für die Schutzmaßnahmen nicht nur bei der Errichtung, sondern auch im Betrieb aufrecht erhalten bleiben. Wenn hierzu Überprüfungen nötig sind, müssen diese durchgeführt werden.
3. Unbeschadet der Anwendung von Schutzmaßnahmen muß die Verwendung von Anlageteilen und Geräten gefordert werden, die den VDE-Bestimmungen entsprechen und in sich selbst möglichst sicher sind. Dazu gehört auch, daß die Auswahl nach den jeweils vorliegenden Betriebsbeanspruchungen erfolgt. In bestehenden Anlagen müssen unzulängliche oder unzulänglich gewordene Anlageteile oder Geräte ausgewechselt werden. Mit der Zweckbestimmung der Schutzmaßnahmen wäre es nicht vereinbar, bei in sich unzulänglichem Material und unzulänglichen Geräten sich darauf verlassen zu wollen, daß durch Schutzmaßnahmen den schädlichen Auswirkungen solcher Unzulänglichkeiten vorgebeugt wäre.

Erläuterung zu der Schlußfassung von VDE 0430/XI.39 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke“.

Von W. Weicker VDE, Hermsdorf/Thür.

DK 621.317.728.(083.133)

Der in der ETZ 60 (1939) Heft 4, Seite 97/99 veröffentliche Entwurf zu VDE 0430/1939 ist auf Grund der dazu eingegangenen Einsprüche eingehend von dem zuständigen Ausschuß beraten worden, wobei insbesondere auch die Ergebnisse der Pariser IEC-Sitzung vom 6. 7. 1939 mit berücksichtigt wurden; denn deutscherseits bestand das Bestreben, sich auch dem Wortlaut der entsprechenden internationalen Regeln[1]) möglichst anzupassen. Dies war um so leichter möglich, als den deutschen Wünschen und Anregungen bei den internationalen Beratungen dieses Schriftstückes auf der IEC-Tagung weitgehend Rechnung getragen worden ist. Da die Herausgabe der *endgültigen* Fassung dieser IEC-Veröffentlichung in der nächsten Zeit kaum zu erwarten ist, ist beabsichtigt, die deutschen „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke“[2]) *unabhängig hiervon* am 1. Januar 1940 in Kraft zu setzen.

Die gegenüber dem Entwurf aus ETZ 60 (1939) S. 99 wichtigsten Abweichungen[3]) der Schlußfassung seien nachstehend kurz behandelt:

1. Zum Nachweis etwaiger Unebenheiten der Kugeloberfläche sind neben dem Sphärometer die für diesen Zweck entwickelten Grenzlehren neu aufgenommen worden, die sich als ein außerordentlich empfindliches und dabei sehr leicht zu handhabendes Meßwerkzeug erwiesen haben. Die erforderlichen Abmessungen der Grenzlehren zum Nachweis der zulässigen Toleranzen der Unebenheiten der Kugeloberfläche sowie das Meßverfahren mittels derartiger Grenzlehren wurden in der Neufassung der Regeln besonders berücksichtigt.

---

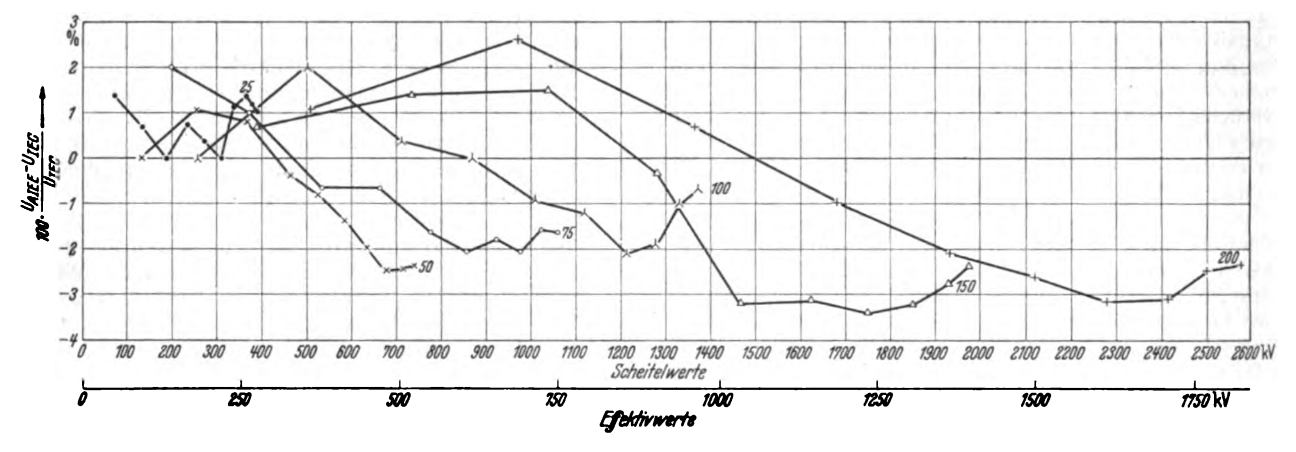
[1]) Entwurf zu „Rules for the measurement of test-voltage by sphere gaps in dielectric tests“ IEC-Publication 52. März 1939. Vgl. auch ETZ 59 (1938) S. 1327 u. ETZ 60 (1939) S. 97.

[2]) Abgedruckt ETZ 60 (1939) H. 4, S. 99 und ETZ 60 (1939) H. 46, S. 1309; erscheint gleichzeitig als Sonderdruck des VDE.

[3]) Abgedruckt auf S. 1309 dieses Heftes.

Digitized by Google

2. Die Frage der Schutzabstände gegen geerdete Flächen und Körper war wiederholt Gegenstand ausführlicher Erörterungen, die schließlich zur Aufnahme einer neuen Abbildung (Abb. 4) und zu klareren Festsetzungen über die räumliche Lage der Kugelfunkenstrecke im Versuchsraum führten. In diesem Zusammenhange sei auch auf eine Arbeit von Kunz und Läpple[4]) „Über den günstigsten Kugeldurchmesser einer Meßfunkenstrecke bei gegebenen Abständen von einer geerdeten Wand" verwiesen, die die Möglichkeit behandelt, durch Wahl eines größeren Kugeldurchmessers D bei kleinerer Schlagweite s den störenden Einfluß geerdeter Flächen und Fremdkörper weitgehend abzuschwächen.



Die eingetragenen Punkte beziehen sich jeweils auf gleiche Verhältnisse $s/D = 0{,}1 \cdots 1{,}0$

Abb. 1. Prozentuale Abweichung der neuen AIEE-Werte (Ersatz der Standards Nr. 4/1928) von den neuen VDE-Eichwerten (VDE 0430/XI.39 gleich IEC-Veröffentlichung 52/März 1939) bei verschiedenem Kugeldurchmesser für Betriebsfrequenz (gleich negativer Stoßspannung) und einpolige Erdung, bezogen auf die neuen VDE-Eichwerte bei $t = 20°$.

3. Die Werte der Vorwiderstände sind gegenüber dem ersten Entwurf für kleine Kugeldurchmesser von 2 bis 25 cm herabgesetzt und in etwas anderer Weise den Kugeldurchmessern zugeordnet worden, da gewisse Bedenken gegen die früheren zu hohen Widerstände geltend gemacht worden waren. Die neuen Werte entsprechen den künftigen IEC-Werten und stellen einen Ausgleich zwischen den deutschen (Entwurf gemäß ETZ 60 (1939) S. 99) und den bisherigen IEC-Werten (Veröffentlichung 52/März 1939) dar, die wie die früheren deutschen Regeln von 1926 nur einen einheitlichen Widerstandswert entsprechend 1 Ohm je Volt der höchsten zu messenden Scheitelspannung vorgeschrieben hatten.

4. Vollkommen neu gefaßt ist der § 10 über die Messung von Stoßspannungen. Dieser ist jetzt den inzwischen erschienenen „Leitsätzen für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke" VDE 0450[5]) genau angeglichen.

5. Zu den in § 11 behandelten Eichwerten der Überschlagspannung für die verschiedenen Kugelgrößen und dem in der Fußnote zu diesem Paragraph gemachten Vorbehalt sind einige ausführlichere Erklärungen erforderlich:

Bereits in der Einführung zu VDE 0430[6]) war darauf hingewiesen worden, daß die gemeinsam von deutscher und englischer Seite auf Grund neuer nach dem internationalen Versuchsplan in verschiedenen Ländern sorgfältig durchgeführten Messungen von der Hauptversammlung der IEC in Torquay im Juni 1938 aufgestellten und in die IEC-Veröffentlichung 52/März 1939 übernommenen Eichtafeln noch der endgültigen Zustimmung durch die einzelnen Länder innerhalb der Sechsmonatsfrist bedürften. Während nun die meisten übrigen Länder diesen neuen Werten zustimmten, erhoben die V. S. Amerika durch ihren Vertreter, Herrn P. L. Bellaschi, auf der IEC-Tagung in Paris im Juli 1939 insofern noch Einspruch, als der Unterschied der neuen Eichwerte für gewisse Kugelgrößen, insbesondere Kugeln über 100 cm Dmr., und größere Schlagweiten ($s/D > 0{,}5$) im Vergleich zu den von amerikanischer Seite vorliegenden Messungen zu groß sei. Bei diesen amerikanischen Messungen handelt es sich, wie in einem früheren Aufsatz[7]) näher ausgeführt, um die als Ersatz der früheren AIEE-Standards Nr. 4 vom Mai 1928 aufgestellte „Proposed Revision of AIEE Standards Measurement of Test Voltage in Dielectric Tests"[8]), deren Eichwerte hauptsächlich durch Mittelwertsbildung der von J. R. Meador[9]) einerseits und P. L. Bellaschi und P. H. McAuley[10]) anderseits durchgeführten Messungen (in folgendem als neue AIEE-Werte bezeichnet) entstanden sind. Wenngleich diese Messungen bei der Aufstellung der neuen IEC-Werte in IEC-Veröffentlichung 52/März 1939 entsprechend den Beschlüssen der IEC-Tagung in Torquay vom Juni 1938 bereits mit berücksichtigt waren, lagen die neuen AIEE-Werte, wie insbesondere die Abb. 3 der in Fußnote 7) erwähnten Arbeit von Weicker-Hörcher erkennen läßt, für ein Schlagweitenverhältnis $s/D > 0{,}5$ und für Kugeldurchmesser $D > 50$ cm tatsächlich etwas tiefer, als die neuen IEC-Werte. Wie groß der Unterschied im einzelnen ist, möge Abb. 1 veranschaulichen, in der die Abweichungen prozentual für fast alle Kugeldurchmesser aufgetragen sind, wobei die eingetragenen Punkte sich jeweils auf ein bestimmtes Verhältnis s/D zwischen 0,1 und 1,0 beziehen. Hieraus ist ersichtlich, daß die neuen AIEE-Werte, abgesehen von kleinen sprunghaften Änderungen, die durch die unausgeglichene Mittelwertsbildung der amerikanischen Meßpunkte bedingt sind, einen von den IEC-Werten abweichenden Verlauf zeigen, dessen größtes Ausmaß etwa ± 3 % beträgt. Da der amerikanische Vertreter diese Abweichung auf der Pariser IEC-Tagung (Juli 1939) noch als zu groß bezeichnete und die wahrscheinlich größere Genauigkeit der durch zahlreiche amerikanische Messungen bestätigten neuen AIEE-Werte betonte, erklärten sich, um überhaupt zu einer im dringenden Allgemeininteresse liegenden internationalen Übereinkunft einheitlicher Werte zu kommen, schließlich nach langen Verhandlungen die deutschen und englischen Vertreter zu einer Vermittlungslösung bereit, wonach die neuen IEC-Werte für die größten Kugeldurch-

[4]) Vgl. S. 1301 dieses Heftes.
[5]) E. Marx und P. Jacottet, ETZ 60 (1939) S. 870 und S. 874. Schlußfassung erscheint demnächst.
[6]) W. Weicker, ETZ 60 (1939) S. 97.
[7]) W. Weicker und H. Hörcher, ETZ 59 (1938) S. 1029.
[8]) Entwurf vom Dezember 1938. Wegen der hierin enthaltenen Eichwerte vgl. auch Electr. Engng. 55 (1936) S. 783; Gen. electr. Rev. 40 (1937) S. 141.
[9]) Vgl. Electr. Engng. 53 (1934) S. 942.
[10]) Vgl. Electr. J. 31 (1934) S. 228.

Digitized by Google

messer und größten Schlagweiten so weit gesenkt werden sollten, daß der Unterschied gegenüber den neuen AIEE-Werten nur noch etwa 1,5 % betragen solle. Dafür würde V. S. Amerika seinerseits die neuen AIEE-Werte zugunsten der künftigen IEC-Werte fallen lassen. Dementsprechend würden also auch die vorläufig nach IEC-Veröffentlichung 52/März 1939 auf Grund der Beschlüsse von Torquay (Juni 1938) sowohl in Deutschland als in England und in den meisten anderen Ländern bereits als endgültig vorgesehenen Eichwerte später doch noch für gewisse Kugelgrößen und Schlagweiten um einen Betrag von höchstens 1 bis 1,5 % geändert (in den meisten Fällen erniedrigt, vgl. Abb. 1) werden müssen. Allerdings machten die deutschen und englischen Vertreter dabei zur Voraussetzung, daß die grundsätzlichen theoretischen Berechnungsunterlagen für die Aufstellung der Eichkurven und die dafür maßgebenden Grenzbedingungen [vgl. ETZ 59 (1938) S. 1067] eingehalten blieben.

Um unter den heutigen Umständen der deutschen Elektrotechnik doch schon jetzt die gegenüber der alten Fassung von 1926 wesentlich verbesserten Eichwerte und die sonstigen in der Zwischenzeit gewonnenen Erkenntnisse nicht länger vorzuenthalten, erschien folgende Lösung am zweckmäßigsten: Die schon in dem Entwurf der deutschen Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke[11]) wiedergegebenen Eichwerte, die mit den internationalen, in Torquay[12]) im Juni 1938 als IEC-Veröffentlichung 52/März 1939 vorläufig angenommenen Werten übereinstimmen[13]), sollen als neue VDE-Werte gültig erklärt werden; es wird nur durch eine Fußnote in § 11 auf die etwa später nötig werdenden geringfügigen Änderungen hingewiesen.

[11]) ETZ 60 (1939) S. 97 und 99.
[12]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 1292.
[13]) Mit Ausnahme der gänzlich belanglosen Änderungen von vier im Sinne besseren graphischen Ausgleichs verbesserten Spannungswerten in Tafel IV.

Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke.

VDE-Ausschuß für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke.

DK 621.317.728 (083.133)

VDE 0430/XI.39.

Abweichungen des endgültigen Wortlautes gegenüber dem in ETZ 60 (1939) H. 4, S. 99 veröffentlichten Entwurf.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Regeln treten am 1. Januar 1940 in Kraft[1]).

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für die Messung von Gleichspannungen, betriebsfrequenten Wechselspannungen und Stoßspannungen mittels Kugelfunkenstrecke. Ihre Verwendbarkeit für die Messung von Hochfrequenzspannungen ist in § 13 behandelt.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

a) Alle Spannungen werden als Scheitelwerte angegeben. Zur Ermittlung der Effektivwerte sind sie durch den Scheitelfaktor (bei sinusförmigen Wechselspannungen durch $\sqrt{2}$) zu teilen.

b) Die Überschlagspunkte einer Kugelfunkenstrecke sind diejenigen Punkte der Kugeloberflächen, zwischen denen der kürzeste Abstand besteht.

III. Bestimmungen.

§ 4.

Beschaffenheit und Anordnung der Kugelfunkenstrecke.

a) Beschaffenheit der Kugeln.

Als Werkstoff für die Kugeln soll Kupfer verwendet werden.

Der mittlere Kugeldurchmesser darf vom Sollwert [vgl. § 11b)] um nicht mehr als ± 1% für Kugeln bis 100 cm Dmr. und um nicht mehr als ± 2% für größere Kugeln abweichen.

Die Oberfläche der Kugeln muß glatt und frei von Unregelmäßigkeiten sein. In der Umgebung des Überschlagspunktes dürfen auf einer Kugelkappe, deren Durchmesser mindestens gleich dem 0,3fachen des Kugeldurchmessers ist, keine Lötstellen vorhanden sein. Da bei gedrückten Halbkugeln an den Polen Unregelmäßigkeiten der Oberfläche (Dellen oder Ausbuchtungen usw.) unvermeidlich sind, empfiehlt es sich, die Überschlagspunkte gegen die Achse um 15° bis 30° zu versetzen.

Abweichungen von der idealen Kugeloberfläche (Dellen oder Ausbuchtungen usw.) dürfen in der Umgebung des Überschlagspunktes (in einem Oberflächenbereich, dessen Durchmesser das 0,2fache des Kugeldurchmessers D beträgt) für Kugeln bis 100 cm Durchmesser nicht mehr als ± 1‰, für größere Kugeln nicht mehr als ± 2‰ des Kugeldurchmessers D ausmachen. Der Nachweis dieser Forderung kann entweder mittels Grenzlehren oder mittels Sphärometer erbracht werden.

Messung von Unebenheiten der Kugeloberfläche mit Grenzlehren.

Für jeden Kugeldurchmesser D sind zwei aus starkem Blech bestehende Grenzlehren (Größtmaßlehre und Kleinstmaßlehre) nach Abb. 1 herzustellen. Die Innenkante der Größtmaßlehre ist auf einen Durchmesser D_1, die der Kleinstmaßlehre auf einen Durchmesser D_2 abzudrehen, wobei nach Herausnahme der Zwischenstücke lediglich die drei Meßkanten A, B, C bestehen bleiben. Die Abmessungen der Grenzlehren müssen zum Nachweis der oben angegebenen höchstzulässigen Abweichungen den Werten der Tafel I entsprechen.

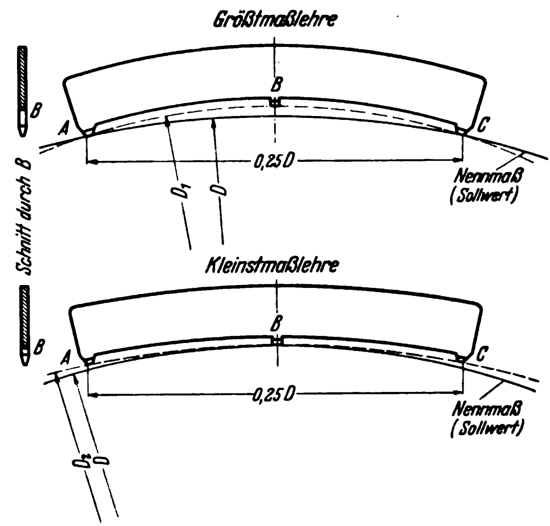


Abb. 1. Grenzlehren zur Messung von Unebenheiten der Kugeloberfläche.

Tafel I.
Abmessungen der Grenzlehren.

1	2	3	4
Grenzlehre	Innendurchmesser der Lehre für $D \leq 100$ cm	$D > 100$ cm	Abstand zwischen den Meßkanten A und C
Größtmaßlehre (D_1)	0,941 D	0,891 D	0,25 D
Kleinstmaßlehre (D_2)	1,064 D	1,138 D	0,25 D

D = Kugeldurchmesser

[1]) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im November 1939. Veröffentlicht ETZ 60 (1939) S. 99 u. 1309.

Digitized by Google

Die Messung ist folgendermaßen durchzuführen:

Die Größtmaßlehre ist mit ihren Meßkanten A und C, die Kleinstmaßlehre mit ihrer Meßkante B auf die Kugeloberfläche aufzusetzen. Dabei ist für beide Grenzlehren mit der Meßkante B in der Umgebung des Überschlagspunktes ein Oberflächenbereich abzutasten, dessen Durchmesser das 0,2fache des Kugeldurchmessers D beträgt. Die größtzulässigen Abweichungen vom Sollwert sind dann erreicht, wenn bei der Größtmaßlehre zwischen der Meßkante B und der Kugeloberfläche, und bei der Kleinstmaßlehre zwischen den Meßkanten A und C und der Kugeloberfläche kein Spiel mehr vorhanden ist.

b) Kugelschäfte.

Die tragenden Schäfte der Kugeln müssen einen Durchmesser zwischen dem 0,1fachen und dem 0,2fachen des Kugeldurchmessers haben; die Länge ihres freitragenden Teiles zwischen Führung und Kugel muß mindestens gleich dem Kugeldurchmesser sein. Die Schäfte dürfen keine scharfen Kanten und Ecken haben. Metallische Führungen sollen möglichst klein sein.

Werden die Schaftenden mit besonderen Abschirmkörpern (z. B. Kugeln) versehen, so darf deren Durchmesser nicht größer als etwa der halbe Meßkugel-Durchmesser sein; andernfalls müssen die Kugelschäfte eine solche Länge erhalten, daß die Abschirmkörper die in § 5b) geforderten Schutzabstände einhalten.

§ 5.

Schutzabstände und Fremdkörper.

b) Schutzabstände gegen geerdete Flächen und Körper.

Wenn eine Kugel geerdet ist, darf der Abstand a vom Überschlagspunkt der spannungführenden Kugel nach der nächstliegenden geerdeten Fläche das in Tafel II bzw. in Abb. 2 angegebene Maß nicht unterschreiten.

Tafel II. Mindest-Schutzabstände gegen geerdete Flächen.

Hier wird Tafel I aus der Entwurfsfassung unverändert übernommen.

Abb. 2. Mindest-Schutzabstände gegen geerdete Flächen.

Hier wird Abb. 1 aus der Entwurfsfassung mit folgender Änderung übernommen:
Die geneigten Geraden werden nicht bis zum Nullpunkt durchgezogen, sondern bei $s/D = 0{,}1$ abgebrochen.

Bei einpolig geerdeten Kugelfunkenstrecken sollen, wenn möglich, bei Schlagweiten $s > 0{,}5$ D die Abstände [Maß b, c, d nach Abb. 3 und 4] vom Überschlagspunkt der spannungführenden Kugel nach geerdeten Flächen (z. B. Fußboden, Wand, Decke, Transformatorkessel) größer sein als der Abstand $a - s$ des Überschlagspunktes der geerdeten Kugel von der hinter ihr liegenden geerdeten Fläche.

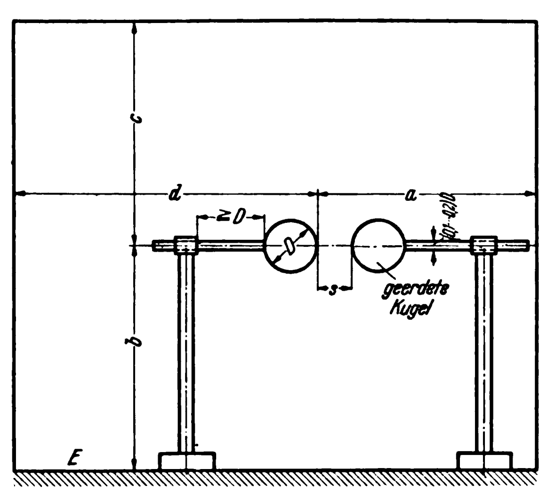


Abb. 4. Beispiel für Schutzabstand gegen Fußboden, Wand und Decke bei waagerecht angeordneter Kugelfunkenstrecke.

Falls der Abstand des Überschlagspunktes der geerdeten Kugel von der hinter ihr liegenden geerdeten Fläche [Maß $a - s$ in Abb. 3 und 4] kleiner ist, als sich aus den Mindestschutzabständen a nach Tafel II bzw. Abb. 2 ergibt, besteht die Gefahr, daß der Überschlag zwischen den Kugeln bereits bei niedrigeren Spannungen erfolgt, als es den Eichwerten nach Tafel IV und VI[2]) entspricht.

[2]) Im Entwurf Tafeln III und V.

Folgende beiden Abbildungen werden aufgenommen:

Abb. 3. Beispiel für Schutzabstand gegen Fußboden, Wand und Decke bei senkrecht angeordneter Kugelfunkenstrecke.

Hierfür wird die bisherige Abb. 2 aus der Entwurfsfassung mit folgender Änderung übernommen:

Das dort angegebene Maß e wird gestrichen und die Schlagweite s zwischen den beiden Kugeln eingetragen.

Abb. 4. Beispiel für Schutzabstand gegen Fußboden, Wand und Decke bei waagerecht angeordneter Kugelfunkenstrecke.

c) Schutzabstände gegen leitende Fremdkörper.

Für Fremdkörper mit leitender Oberfläche gelten dieselben Schutzabstände wie für geerdete Flächen gemäß b). Wenn die Leiter Spannung führen und größere räumliche Ausdehnung haben, oder wenn starke Entladungen an ihnen auftreten, sind jedoch tunlichst größere Schutzabstände einzuhalten.

d) Schutzabstände gegen die Zuleitungen der Kugelfunkenstrecke.

Der Abstand der Anschlußstelle der Zuleitung von der Meßkugel muß mindestens gleich dem Kugeldurchmesser sein. Die Zuleitung soll mindestens im rechten Winkel zur Achse der Kugelfunkenstrecke vom Schlagraum weggeführt, diesem aber wenn möglich noch stärker abgewendet sein. Für diejenigen Teile der Zuleitung, die seitlich am Schlagraum vorbeigeführt werden, gelten die Schutzabstände nach c).

§ 6.

Vorwiderstände.

a) Zweck und Anordnung der Vorwiderstände.

In der zweiten Zeile wird das Wort „könnten" durch „können" ersetzt.

b) Größe der Vorwiderstände.

1. Für die Messung von Wechselspannungen ist ein zur Begrenzung des Kurzschlußstromes ausreichender Vorwiderstand zu wählen. Dieser ist jedoch höchstens so groß zu bemessen, daß der durch den Ladestrom in ihm hervorgerufene Spannungsabfall keinen höheren Meßfehler als etwa 1% verursacht. Die sich aus dieser Forderung ergebenden Höchstwerte des Vorwiderstandes R in Ohm folgen aus der Beziehung:

$$R = K \cdot \left(\frac{50}{f}\right) \cdot U_{max}, \qquad (1)$$

wobei U_{max} die höchste zu messende Scheitelspannung in Volt, f die Frequenz in Perioden je Sekunde und K eine Konstante in Ohm je Volt ist, die abhängig vom Kugeldurchmesser D der Tafel III zu entnehmen ist.

Für die Frequenz $f = 50$ Per/s vereinfacht sich die Beziehung (1) in:

$$R_{50} = K \cdot U_{max}. \qquad (2)$$

Tafel III.

Konstante K abhängig vom Kugeldurchmesser D.

Kugeldmr. D . . cm	2···15	25	50	75	100	125	150	175	200
Konstante K . . Ω/V	20	5	2	2	1	1	1	0,5	0,5

2. Für die Messung von Gleichspannungen können die Widerstandswerte nach Beziehung (2) und Tafel III als Anhalt dienen, im Bedarfsfalle jedoch auch größer gewählt werden, da in ihnen Spannungsabfälle nur durch Wirkströme (z. B. Sprühentladungen) auftreten könnten.

3. Für die Messung von Stoßspannungen dürfen im allgemeinen keine Vorwiderstände verwendet werden [vgl. § 10b) 1.]. Wenn sich in Ausnahmefällen im Gegensatz zu der Forderung nach § 10b) 1. längere Verbindungsleitungen zwischen Prüfling und Kugelfunkenstrecke nicht umgehen lassen, kann es zur Vermeidung von Wanderwellenschwingungen doch zweckmäßig sein, einen Vorwiderstand in der Größenordnung des Wellenwiderstandes ihrer Zuleitungen vorzusehen.

Digitized by Google

§ 7.

Vorbehandlung der Kugeln.

Der dritte Satz erhält folgende Fassung:

„Fasern und Staubteilchen sind durch einige Überschläge wegzubrennen.“

§ 9.

Messung von betriebsfrequenten Wechselspannungen

b) Spannungsmessung bei angeschaltetem Prüfling.

Der letzte Absatz unter 1. erhält folgende Fassung:

Die Spannung ist hierauf so lange zu steigern, bis die Anzeige a_p des gleichzeitig mitbenutzten Spannungsmessers der vollen Prüfspannung U_p entspricht. a_p ist aus der Beziehung:

$$U_p = \frac{a_p}{a_k} U_k \tag{3}$$

zu ermitteln. Falls die erste Messung bei $U_k = 0{,}8\ U_p$ ausgeführt wurde, entspricht also der vollen Prüfspannung U_p eine Anzeige $a_p = 1{,}25\ a_k$ des Spannungsmessers.

§ 10.

Messung von Stoßspannungen.

a) Allgemeines.

1. Mit der Kugelfunkenstrecke können nur solche Stoßspannungen gemessen werden, deren Stirnzeit nicht kleiner als 1µs und deren Rückenhalbwert-Zeit nicht kleiner als 5 µs ist [vgl. § 3g) und k) sowie § 5 von VDE 0450/XI.39 „Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke“]. Bei Stoßspannungen noch kürzerer Dauer ergeben die Tafeln IV bis VI[3]) infolge des Entladeverzuges möglicherweise zu niedrige Spannungswerte.

   Da die Kugelfunkenstrecke auf Spannungshöchstwerte anspricht, ist zu beachten, daß bei der Messung von Stoßspannungen zu hohe Spannungswerte vorgetäuscht werden können, wenn der Stoßspannung Hochfrequenzspannungen überlagert sind [vgl. § 5a) von VDE 0450/XI.39].

2. Bei Messung von Stoßspannungen (Scheitelwerten) ist die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke so einzustellen, daß von allen (mindestens 20) erzeugten Stoßspannungen etwa die Hälfte zu Überschlägen an der Kugelfunkenstrecke führt. Für die entsprechende Schlagweite ist der betreffende Scheitelwert der Stoßspannung aus den Tafeln IV bis VI[4]) nach § 11 zu entnehmen.

   Wenn bei der Spannungsmessung die Einstellung von genau 50% Überschlägen an der Kugelfunkenstrecke zu zeitraubend ist, kann durch Veränderung der Schlagweite eine Messung mit einer Überschlagzahl unter 50% und eine Messung mit einer Überschlagzahl über 50% ausgeführt und der genaue Spannungswert entsprechend 50%-Überschlägen interpoliert werden. Die Messung mit der geringeren Überschlagzahl soll mindestens 20%, die mit der höheren Überschlagzahl höchstens 80% Überschläge aufweisen.

b) Messung von Überschlag-Stoßspannungen an Prüflingen.

1. Anordnung der Kugelfunkenstrecke.

   Die Kugelfunkenstrecke ist möglichst nahe am Prüfling aufzustellen. Bei größerer Länge der Zuleitungen können Spannungserhöhungen auftreten, die zu hohe Überschlagwerte vortäuschen. Im Zweifelsfalle ist daher die Spannung sowohl vor als auch hinter dem Prüfling zu messen und der erhaltene Mittelwert der beiden Messungen zu Grunde zu legen. In den Verbindungsleitungen zwischen Kugelfunkenstrecke und Prüfling dürfen im allgemeinen keine Vorwiderstände liegen [Ausnahmefall siehe § 6b) 3.]

2. Messung der 50%-Überschlag-Stoßspannung[5]). Die Kugelfunkenstrecke ist zunächst soweit auseinanderzuziehen, daß sie nicht anspricht. Damit ihre Kapazität während der Einstellung der 50%-Überschlag-Stoßspannung am Prüfling [vgl. § 3o) sowie § 7a) und b) von VDE 0450/XI.39] nicht erheblich von ihrer Kapazität bei den nachfolgenden Messungen abweicht, ist die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke zunächst auf einen Wert entsprechend dem 1,1- bis 1,2-fachen der betreffenden Überschlagspannung des Prüflings einzustellen. Dann ist die 50%-Überschlag-Stoßspannung am Prüfling nach § 7a) und b) von VDE 0450/XI.39 einzustellen und im Anschluß daran die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke bei unveränderter Spannungshöhe des Stoßspannungserzeugers soweit zu verkleinern, bis etwa die Hälfte von allen Stoßspannungen zu Überschlägen an der Kugelfunkenstrecke führt [vgl. a) 2.].

3. Messung überschießender Stoßspannungen.

   Der Scheitelwert von überschießenden Stoßspannungen [vgl. § 3p) und § 7c) von VDE 0450/XI.39] kann mit der Kugelfunkenstrecke bestimmt werden, wenn vorauszusetzen ist, daß der Überschlag am Prüfling auf dem Rücken oder frühestens auf dem Scheitel der Stoßspannung entsprechend einer Überschlagzeit [vgl. § 3r) von VDE 0450/XI.39] von nicht weniger als 1 bis 2 µs erfolgt. Die Kugelfunkenstrecke ist wieder so einzustellen, daß etwa die Hälfte aller erzeugten Stoßspannungen an ihr zu Überschlägen führt [vgl. a) 2.].

[3]) Im Entwurf Tafeln III bis V.
[4]) Im Entwurf Tafeln III bis V.
[5]) Früher als Mindest-Stoßüberschlagspannung bezeichnet.

§ 11.

Eichwerte der Überschlagspannung für die verschiedenen Kugelgrößen.

b) Im Anschluß an den ersten Satz wird folgende Fußnote*) aufgenommen:

*) Eine spätere geringfügige Änderung einiger Eichwerte um höchstens 1 bis 1,5% bleibt vorbehalten, da internationale Bestrebungen nach einer noch besseren gegenseitigen Abgleichung [vgl. ETZ 59 (1938) S. 1029 und 1064 sowie ETZ 60 (1939) S. 97 und S. 1307] obiger Eichwerte gegenüber den neuen amerikanischen Eichwerten im Gange sind. Hiervon würden insbesondere die Eichwerte für Kugeln von 100 cm Dmr. und darüber, hauptsächlich für $s/D \geqq 0{,}5$ betroffen werden, und zwar vornehmlich im Sinne einer Erniedrigung.

Der zweite Satz wird wie folgt geändert:

Die Überschlagspannungen für Kugeln von *6,25* und *12,5* cm Durchmesser sind mit aufgenommen worden, da diese Kugelgrößen im Auslande seit langem üblich sind.

In Tafel V (bisher IV) wird die zu der Schlagweite $s = 11$ cm für den Kugeldurchmesser $D = 12{,}5$ cm gehörende Überschlagspannung von 299 kV richtiggestellt in (229) kV.

Außerdem sind folgende geringfügige Änderungen vorgenommen:

In Tafel IV (früher III) wurden folgende Änderungen getroffen:

Für $D = 75$ cm und	$s = 38$ cm	ist 783 kV	statt	785 kV,
	$s = 60$ „	ist (981) „	„	(983) „
	$s = 65$ „	ist (1012) „	„	(1010) „
für $D = 100$ cm und	$s = 65$ „	ist 1170 „	„	1160 „

zu setzen.

c) Bei Messung von Stoßspannungen gelten die Eichwerte der Tafeln IV bis VI[6]) für die Scheitelwerte derjenigen Stoßspannungen, bei deren wiederholter Anwendung etwa die Hälfte [vgl. § 10a) 2.] aller Stöße zu Überschlägen an der Kugelfunkenstrecke führt.

§ 12.

Meßbereich und Meßgenauigkeit.

Die Klammer in der vierten und fünften Zeile muß lauten: (VDE-Stoßspannung 1|50)[7]).

§ 13.

Neue Überschrift:

Gültigkeit der Eichtafeln für die Messung von Hochfrequenzspannungen[8]).

a) Der bisherige Wortlaut a) fällt mit Rücksicht auf die Neufassung von § 10a) 1. fort. —

Der bisherige Abschnitt b) 1. wird jetzt zu a). In der 5. und 6. Zeile werden die Zahlenwerte für die Frequenz $2 \cdot 10^4$ Per/s (bzw. Halbwellendauer 25 µs) geändert in: 10^4 Per/s (entsprechend 50 µs Halbwellendauer).

[6]) Im Entwurf Tafeln III bis V.
[7]) Vgl. § 5b) von VDE 0450/XI.39.
[8]) Vgl. ETZ 60 (1939) S. 92.

Digitized by Google

Der bisherige Abschnitt b) 2. wird jetzt zu b). In der Klammer des letzten Satzes muß es lauten:

[ähnlich wie unter § 10a) 1. bei Stoßspannungen kürzester Dauer].

Im übrigen wird auf die neue Numerierung der Tafeln IV bis VI (bisher III bis V) Rücksicht genommen.

§ 14.

Bestrahlung der Kugelfunkenstrecke.

In der 3. Zeile wird das Wort „Röntgenstrahlen" gestrichen.

§ 15.

Einfluß der Luftverhältnisse.

Tafel VIII (bisher VII).

Korrektionsfaktor k[9]) abhängig von der relativen Luftdichte δ

Für $\delta = 0,75$ bzw. $\delta = 0,90$ müssen die Werte für k lauten:
$k = 0,77$ (statt 0,76) bzw.
$k = 0,91$ (statt 0,90).

[9]) Bei Schlagweiten unter 1 cm ergibt Tafel VIII etwas zu kleine Werte für den Korrektionsfaktor k (vgl. Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 54).

Walzenzapfenlager aus Kunstharzpreßstoffen[1]).

DK 621.315.614.6 : 621.822

In den Walzgerüsten der Stahlwerke ist die Umstellung von Buntmetall- auf Kunstharzpreßstoff-Lager am weitesten vorgeschritten und heute praktisch abgeschlossen.

Die verwendeten Lager bestehen im wesentlichen aus Hartgewebeplatten sowie Preßstoffen Typ T 2 und T 3. Sie besitzen eine hohe Elastizität (rd. 80000 kg/cm² Elastizitätsmodul E) mit dem Vorteil, daß die Lager innerhalb gewisser Grenzen ohne Schaden schroffe Stöße aufnehmen können. Bei unglatten und schlecht bearbeiteten Gleitflächen von Lager oder Zapfen findet durch das elastische Anschmiegen des Preßstoffes ein Ausgleich der Druckspitzen statt. Übertrieben große Wanddicken müssen andererseits vermieden werden, wenn die Gefahr der Überschreitung der Walzgut-Toleranzen droht. Die geringe mechanische Biegefestigkeit (rd. 8 bis 12 kg/mm²) verlangt ein sattes Aufliegen der äußeren Lagerflächen in Einbaustücken oder Gerüstflächen sowie der Zapfen auf der Lagergleitfläche. Eine ausschließliche Druckbeanspruchung wird also angestrebt, da das Material eine günstige Druckfestigkeit (20 bis 30 kg/mm²) aufweist. Dies ist auch im Zusammenhang mit der Kantenpressung infolge Durchbiegung der Walzen wichtig. Hier mildert übrigens die Elastizität des Materials durch einen gewissen Druckausgleich meist das Heißlaufen und eine einseitige Überlastung. Die Kerbzähigkeit der Lagerpreßstoffe ist nicht groß, und schroffe Übergänge von großen auf kleine Querschnitte sowie scharfe Kanten und Hohlkehlen müssen vermieden werden. Die Schwingungs- und Geräuschdämpfung ist außerordentlich gut.

Die Porosität des Materials, die Aufnahmefähigkeit für Öl und die Quellbarkeit sind gering. Die aufgesaugten Schmiermittel bilden jedenfalls eine ausgezeichnete Notlaufreserve. Sie mindern die Gefahr des Abreißens des Schmierfilms und machen das Anlaufen günstiger. Die Wärmeleitfähigkeit ist im Vergleich zu Metallen unbedeutend. Die Wärmeableitung muß daher durch Zapfen und Schmierung bzw. Kühlung erfolgen. Die Wärmebeständigkeit im Dauerbetrieb liegt bei rd. 110°. Sie legt die Belastbarkeit der Preßstofflager weitgehend fest. Kurzzeitige Spitzen von 150 bis 180° sind ungefährlich.

Kennzeichnend für die Preßstoffe ist ihr günstiges Gleitvermögen bzw. Reibungsfaktor bei trockener und halbflüssiger Reibung und bei Verwendung polierter und harter Zapfen, wie z. B. aus St. 60.11. Der Reibungsfaktor liegt bis zu 50% unter Metall, und in den Ersparnissen an Antriebsenergie oder in der Möglichkeit der Leistungssteigerung sind die Hauptgründe für den totalen Einsatz der Preßstofflager zu suchen. Die Preßstoffe haben eine polierende Wirkung auf den Zapfen, der deshalb hart sein muß. Der eigene Verschleiß ist gering, sobald ein Laufspiegel entstanden ist. Zwar ist das Einlaufen insofern nicht einfach, als nicht mit Vollast gefahren werden soll und bei Warmlaufen immer wieder eine genügende Abkühlung erforderlich ist.

Um bei diesen geschilderten Werkstoffverhältnissen einen erfolgreichen Austausch der Metallager zu erzielen, wurden folgende Wege hinsichtlich der Lagergestaltung und der Schaffung günstiger Gleitverhältnisse durch Heranziehung von Schmierung und Kühlung beschritten:

Die Festigkeitswerte der Preßstoffe verlangen eine gleichmäßige Dimensionierung der Lager ohne große Querschnittsunterschiede. Deshalb wird auch eine weitgehende Anpassung der Außenflächen der Lagerschalen an die zylindrische Lauffläche angestrebt. Von der einfachen, rechteckigen und dreiflächigen Außenform geht die Entwicklung zur Fünfflächen-, Segment- und schließlich Zylindergestaltung mit getrenntem Kragen.

[1]) J. Arens, Stahl u. Eisen 59 (1939) S. 213.

Da Walzgerüstlager häufig so lange laufen, bis der Zapfen den Lagergrund durchfressen hat und das Lager in zwei Längsteile sprengt, ist die Anpassung an die Zylinderform auch von wirtschaftlicher Bedeutung, denn die restlichen Seitenteile sind nicht mehr verwertbar. Im Hinblick auf den Verschleiß tritt an die Stelle des zylindrischen bereits das sichelförmige Lager mit verstärktem Grund und schwacher Seite, oder es werden auswechselbare Segmentausführungen verwendet. Diese Segmente bringen auch gute Leistungen, wenn sie aus geschichtetem Plattenmaterial sind, weil die Spaltgefahr infolge seitlicher Walzendrücke durch die tangentiale Lage der Segmente zum Zapfen wegfällt und eine zusätzliche Nietung oder ein Einbetten in Stahlrahmen wie bei einfachen, hochbelasteten Blocklagern sich erübrigt. Fertig gepreßte Lagerschalen oder Segmente aus Gewebeschnitzeln und evtl. Gewebebahneneinlagen werden im wesentlichen bei hohen Beanspruchungen eingesetzt, wo einfache Hartgewebeplatten nicht mehr genügen. Für ihre Anfertigung ist aber meist die wirtschaftliche Überlegung sehr wichtig, ob die benötigten Stückzahlen die Anfertigung einer Preßform rechtfertigen.

Die günstigste Lagerlänge hat sich im Hinblick auf die Kantenpressung immer mehr mit 0,6 bis 0,8 D herausgebildet. Der günstigste Umschlingungswinkel, der stark von Belastung und Schmierfilmbildung abhängt, beträgt rd. 120°. Er kann bei geringer Last um 10° gesenkt und bei hoher Beanspruchung um 10° erhöht werden. Die Lagerschalendicke läßt sich allgemein nicht angeben; sie hängt immer von der Festlegung der Lebensdauer, der Unkosten infolge Auswechslungsarbeiten und Produktionsausfall, den geforderten Walztoleranzen, den auftretenden Drücken u. a. ab.

Grundsätzlich stellt die Schmierung auch bei Preßstoffen die einzige Möglichkeit dar, um eine Reibungsverminderung bei höheren spezifischen Lasten und damit eine Leistungssteigerung zu erzielen. Erfahrungsgemäß schmiert man bei geringer spezifischer Last bis zu etwa 75 kg/cm² und Geschwindigkeiten über 1 m/s das Lager nur einmal für eine Laufperiode mit Fett ab und gibt im Betrieb möglichst viel Wasser in gleichmäßiger Verteilung hinzu. Verwendung finden hier vorwiegend geschichtete und formgepreßte Blocklager und Fünfflächenlager. Bei höherer spezifischer Belastung bis zu 150 kg/cm² und Geschwindigkeiten über 1 m/s verwendet man bereits Fettbriketts auf der Auslaufseite oder Fettkammern bei Reversiergerüsten sowie wiederum reichliche Wasserkühlung. Der Fettverbrauch ist hier im allgemeinen ein Drittel des Verbrauchs bei Metallager. Es handelt sich im wesentlichen um formgepreßte Fünfflächenlager, um Segmentlager aus geschichtetem Plattenmaterial und um zylindrische, sichelförmige Ausführungen. Hoch beanspruchte Segmentlager bis zu 300 kg/cm² spez. Belastung sowie Geschwindigkeiten bis zu 2 m/s werden am vorteilhaftesten mit Preßfettern ausgerüstet, die nach Bedarf bedient werden oder laufend die nötige Fettmenge zuführen. Auch hier ist reichliche Wasserkühlung notwendig. Preßölschmierung für höchstbelastete Lager von über 300 cm² spez. Belastung ist zwar teuer, aber erfahrungsgemäß wirtschaftlich. Die Ölmenge muß zur Kühlung ausreichen.

Beim Walzenlager aus Preßstoff ist die günstigste Lagerleistung genau so wie bei Metallagern das Ergebnis aus dem Kompromiß zwischen der zu wählenden spez. Belastung, also der Lagergröße und der ausgewählten Schmierungs- und Kühlungsart sowie der vorgesehenen Wartung und des zugelassenen Verschleißes. *Ab.*

Digitized by Google

AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT.

Diesel-elektrische Fahrzeugantriebe.

Von **Walter Feill**, Berlin.

DK 621.335.2-833.6

Übersicht*). Die für jede dieselelektrische Kraftübertragung gestellte Forderung nach Konstanthaltung der Dieselmotorleistung kann auf drei grundsätzlich verschiedene Arten erfüllt werden. Von jeder dieser drei Arten wird eine Ausführungsmöglichkeit erläutert, und zwar: Servo-Feldreglersteuerung, RZM-Schaltung und Vollastschaltung mit Spaltpolerregermaschine. Zwei in der Südafrikanischen Union laufende dieselelektrische Verschiebelokomotiven werden zum Schluß kurz besprochen.

Ein Dieselmotor ist nicht überlastbar und kann sich daher nicht der veränderlichen Zugkraft, wie sie der Fahrbetrieb fordert, anpassen. Es muß daher ein Übertragungsglied vorgesehen werden, das bei gleichbleibendem Drehmoment an der Dieselwelle das jeweils an der Treibradwelle erforderliche Drehmoment liefert. Je nach Art dieses Übertragungsorganes unterscheidet man „dieselmechanische", „dieselhydraulische" und „dieselelektrische" Antriebe[1]). Uns interessieren hier in erster Linie die dieselelektrischen.

Die drei wesentlichsten Teile jedes dieselelektrischen Antriebes sind der Dieselmotor, ein mit diesem gekuppelter Gleichstromgenerator und mindestens ein von letzterem gespeister Fahrmotor.

Der Dieselmotor arbeitet bei voller Leistung mit Höchstdrehzahl zwischen 700 und 1500 U/min. Bei uns in Deutschland bevorzugt man die schnellaufenden Motoren wegen des geringeren Gewichtes. Die Höchstdrehzahlen liegen gewöhnlich bei 1100 bis 1500 U/min. In überseeischen Ländern pflegt man hingegen mehr die langsam laufenden Motoren (700 bis 1100 U/min) vorzuziehen und nimmt das größere Gewicht in Kauf, um kürzere Ausbesserungszeiten und geringere Betriebsunkosten zu erzielen. Bei Triebwagen wird der Dieselmotor, wenn möglich, zusammen mit dem Generator in ein Laufdrehgestell eingebaut, um nicht mehr als unbedingt nötig an Fahrgastraum zu verlieren. Ist der Maschinensatz hierfür zu groß, bleibt meist nur die bei Lokomotiven allgemein übliche Aufstellung im Wagenkasten.

Die Fahrmotoren sind durchweg normale Gleichstrom-Reihenschlußmotoren, meist in der bekannten Tatzlagerbauart.

Von besonderem Interesse ist der Generator. Hier ist die Aufgabe gestellt, den Dieselmotor bei allen Fahrgeschwindigkeiten mit dem gleichen Drehmoment zu belasten, d. h. der Generator muß bei konstanter Drehzahl unabhängig vom Fahrmotorstrom stets gleiche Leistung aufnehmen, und zwar gerade die Leistung, mit welcher der Dieselmotor bei der eingestellten Drehzahl am günstigsten arbeitet.

Die Möglichkeiten, diese gewünschte gleichmäßige Belastung des Diesels mehr oder weniger vollkommen zu erreichen, sind sehr zahlreich. Auf drei verschiedenen Grundgedanken beruhen die bekannt gewordenen Schaltungen.

In einem Falle wird ein selbst- oder eigenerregter Generator verwendet und die der jeweils eingestellten Dieseldrehzahl entsprechende Leistung durch entsprechende Feldregelung erreicht (Leistungssteuerung).

Im zweiten Falle wird der Generator mit so schwacher magnetischer Sättigung ausgeführt, daß jeder kleine Drehzahlabfall schon eine genügend starke Spannungsverminderung zur Folge hat, so daß die Drehzahlschwankungen in den zulässigen engen Grenzen bleiben.

Drittens besteht die Möglichkeit, durch eine besondere Ausführung oder Schaltung der Erregermaschine zu bewirken, daß die Leistung an der Welle des Diesels bei gleichbleibender Drehzahl ohne Mitwirkung irgendwelcher Schaltgeräte konstant bleibt. Eine solche Anordnung nennt man „Vollastschaltung".

Die Leistungssteuerung.

Die zuerst erwähnte Feldregelung kann im einfachsten Falle handbedient sein. Damit wird aber die Aufmerksamkeit des Fahrers unnötig von der Strecke abgelenkt, und außerdem kaum die notwendige Genauigkeit erreicht. Daher wird bei fast allen derartigen Ausführungen selbsttätige Feldregelung, z. B. mit Hilfe eines Servo-Feldreglers, vorgesehen. Dieser wird durch Verbindung mit der Reglermuffe des Diesels von den Drehzahländerungen bei Über- oder Unterschreiten des Nenndrehmomentes beeinflußt. Wenn also ein kleines Absinken der Drehzahl durch zu große Belastung eintritt, so ruft das nicht nur ein Öffnen des Brennstoffventiles, sondern auch eine Feldschwächung des Generators hervor. Sinkt hingegen die vom Generator aufgenommene Leistung unter die Nennleistung des Diesels, so ist die umgekehrte Reglertätigkeit die Folge. Auf diese Weise läßt sich die Belastung des Dieselmotors fast über den ganzen Geschwindigkeitsbereich konstant halten. Selbstverständlich hat der Fahrer die Möglichkeit, verschiedene Drehzahl- und damit auch Leistungsstufen einzustellen. Die Erregermaschine wird auf allen Drehzahlstufen selbsttätig auf gleiche Spannung geregelt und kann daher ohne Schwierigkeiten zur Beleuchtung, Batterieladung und Speisung von Hilfsbetrieben herangezogen werden.

Die RZM-Steuerung.

Als Vertreterin der zweiten Gruppe wäre die RZM-Schaltung der Deutschen Reichsbahn zu nennen; sie ist die bei der Reichsbahn am meisten verwendete Schaltung (Abb. 1). Der Hauptgenerator hat ein selbsterregtes Nebenschlußfeld *CD*, ein eigenerregtes Feld *IK*, welches von der Erregermaschine gespeist wird, und ein Gegenverbundfeld *EF*. Außerdem ist noch ein Reihenschlußfeld E_aF_a vorgesehen, welches zum Anwerfen des Dieselmotors durch den Generator dient. Hierzu wird der Generatur durch das Anlaßschütz mit den Klemmen *A* und F_a an die Wagenbatterie angeschlossen. Die in Reihe liegenden Felder E_aF_a und *EF* bilden zusammen eine Hauptstromerregung, welche so bemessen sein muß, daß der nun als Reihenschlußmotor arbeitende Generator imstande ist, einerseits das Losbrechmoment des Diesels aufzubringen und anderseits denselben bis zu seiner Zünddrehzahl zu beschleunigen.

Die Erregermaschine ist ein kleiner Verbundgenerator mit dem Nebenschlußfeld C_1D_1 und dem Verbundfeld E_1F_1. Letzteres ist so bemessen, daß die Klemmenspannung der Erregermaschine unabhängig vom Ankerstrom derselben

*) Nach einem am 24. 1. 1939 vor den VDE-Jungingenieuren (Arbeitsgemeinschaft „Elektrische Bahnen") des VDE Bezirk Berlin gehaltenen Vortrag.

1) H. Koeppen, VDE-Fachber. 6 (1934) S. 93 u. 8 (1936) S. 80.

Digitized by Google

wird. Um von der Temperatur der Feldwicklungen möglichst unabhängig zu werden, sind vor dem CD-, C_1D_1- und dem IK-Feld Vorwiderstände mit kleinem Temperaturkoeffizienten vorgesehen. Ein Teil der Widerstände vor dem IK-Feld und dem C_1D_1-Feld dient außerdem noch zu der, wie wir sehen werden, notwendigen Regelung der Leistung bzw. der Spannung. Die Erregermaschine dient auch noch zur Ladung der Wagenbatterie. Zur Begrenzung und Einstellung des Ladestromes dient der Ladewiderstand mit dem Ladeschalter. Um bei zu kleiner Spannung oder bei Stillstand der Erregermaschine das Fließen eines Rückstromes zu vermeiden, ist das selbsttätige Ladeschütz vorgesehen. Der eine der beiden Stromwächter schaltet beim Überschreiten eines einstellbaren Stromwertes I_{min} den bisher kurzgeschlossenen Widerstand R_1 vor das IK-Feld. Der zweite schließt beim Überschreiten eines Stromes I_{max} denselben Widerstand wieder kurz. Der Generator arbeitet also innerhalb der Stromgrenzen I_{min} bis I_{max} auf einer anderen, und zwar tieferen Kennlinie als außerhalb derselben. Für die nächsten Überlegungen wollen wir jedoch voraussetzen, daß die IK-Erregung konstant bleiben soll, z. B. R_1 sei dauernd vorgeschaltet, Abb. 2. Dann ergibt sich durch das Zusammenarbeiten der drei Felder des Hauptgenerators bei unveränderlicher Antriebsdrehzahl n_{100} eine Abhängigkeit der Spannung von Strom gemäß der Kurve U_{100}. Wie die Kurve NG_{100} für die aufgenommene Leistung zeigt, verläuft dieselbe jedoch nirgends konstant. Wenn die waagerecht verlaufende Gerade ND_{100} die für den Dieselmotor bei 100 % seiner Nenndrehzahl zulässige Leistung darstellt, so wird diese zwischen den Punkten A und B bedeutend überschritten. Außerhalb dieses Bereiches wird wiederum die verfügbare Dieselleistung nicht voll ausgenutzt. Betrachten wir nun zunächst einmal die Überlastung des Diesels zwischen A und B. Da der Generator ein größeres als das Nenndrehmoment des Diesels zur Aufrechterhaltung seiner Drehzahl erfordert, wird diese absinken; der Dieselmotor wird „gedrückt". Da nun aber Generator und Erregermaschine schwach gesättigt sind, bedingt dieser Drehzahlabfall einen starken Rückgang der Leistung des Generators, und zwar fällt die vom Generator aufgenommene Leistung mehr als linear mit der Drehzahl ab.

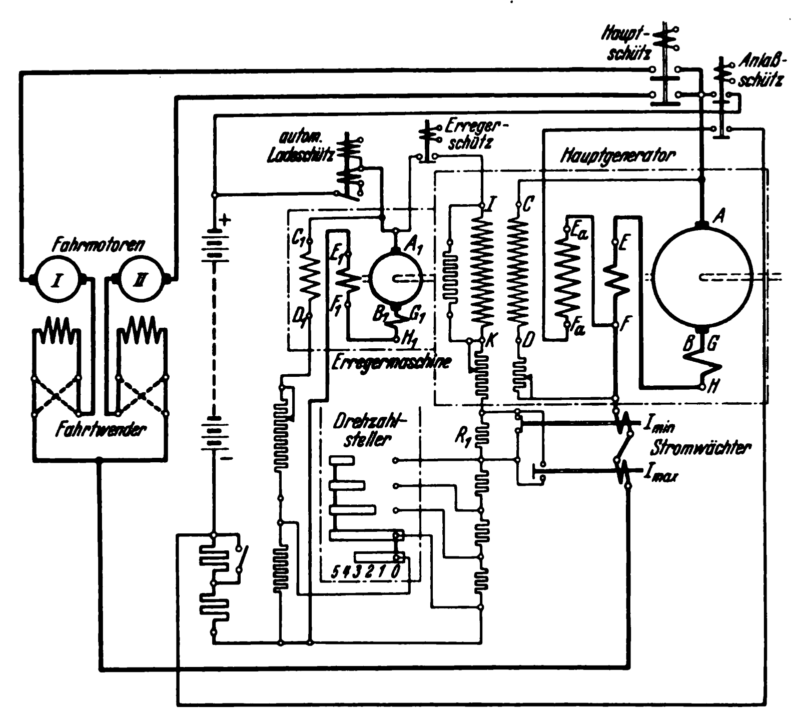
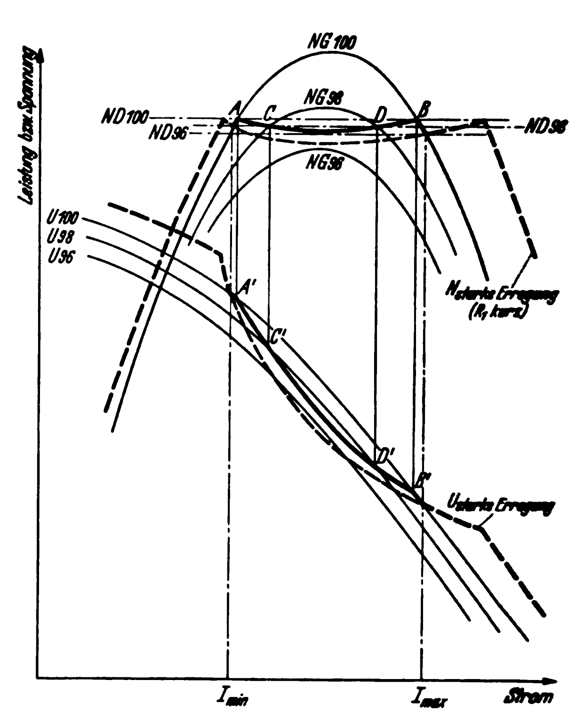


Abb. 1. RZM-Schaltung.

Anderseits geht aber die Leistung des Dieselmotors nicht ganz proportional mit der Drehzahl zurück; denn die „Drückung" wird ja erst durch eine, wenn auch sehr geringe, Erhöhung des Drehmomentes hervorgerufen. Es wird also immer wieder ein Gleichgewichtszustand eintreten. Um den Verlauf von Spannung, Leistung und Drehzahl zu ermitteln, tragen wir uns für 2 % und 4 % Drückung, also 98 und 96 % der Nenndrehzahl, die Kurven für die Generatorspannung U_{98} und U_{96}, die zugehörigen aufgenommenen Leistungen NG_{98} und NG_{96} und die Leistung des Dieselmotors ND_{98} und ND_{96} ein. In den Schnittpunkten C und D stimmen Leistungsabgabe des Diesels und Leistungsaufnahme des Generators bei 98 % der vollen Drehzahl überein. Es wird hier eine Drückung von 2 % auftreten. C' und D' sind die zugehörigen Spannungspunkte. Die Leistungskurve NG_{96} liegt durchweg



$U_{100,\,98,\,96}$ Generatorspannung
$NG_{100,\,98,\,96}$ Leistungsaufnahme des Generators
$ND_{100,\,98,\,96}$ Nennleistung des Dieselmotors
jeweils bei 100, 98 und 96% der Nenndrehzahl

Abb. 2. Kennlinien bei RZM-Steuerung.

unterhalb von ND_{96}, die Drückung erreicht also bei unserer Annahme nirgends den Wert von 4 %. Durch Verbinden der Punkte A, C, D, B bzw. A', C', D', B' kann der Verlauf von Spannung und Leistung für den ganzen Bereich gezeichnet werden. Als höchsten, noch zulässigen Wert für die Drückung geben die meisten Dieselfirmen 3 % an. Es ist aber nicht immer möglich, mit einer einzigen Erregerstufe, welche nirgends eine größere Drückung bedingt, auszukommen. Vielfach wird die links von A zur Verfügung stehende Leistung zur Erzielung der verlangten Höchstgeschwindigkeit nicht mehr ausreichen und der rechts von B auftretende Leistungsabfall einen untragbaren Verlust an Anfahrzugkraft bedingen. Um dem abzuhelfen, werden die beiden vorhin erwähnten Stromwächter vorgesehen. Die auf gleiche Weise gewonnenen Kurven für verstärkte Erregung, R_1 kurzgeschlossen, sind gestrichelt gezeichnet. Die Stromwächter bewirken dann einen Verlauf nach den stark ausgezogenen Teilen der beiden Kennlinien. Wird die gezeichnete volle Dieselleistung nicht benötigt, so stellt man eine niedrigere Fahrstufe, also eine kleinere Dieseldrehzahl, ein. Um auch bei den kleineren Drehzahlen noch eine Ladung der Batterie zu erzielen, wird das C_1D_1-Feld verstärkt, wenn die

Digitized by Google

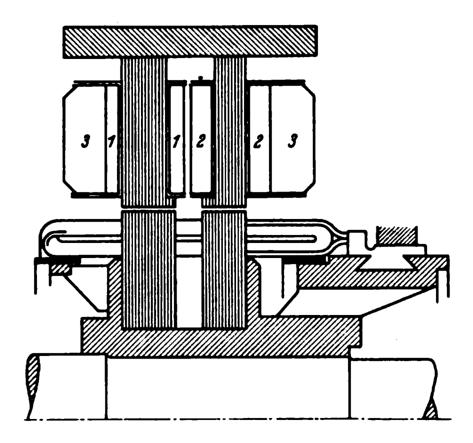
Spannung der Erregermaschine unter die Ladespannung der Batterie absinken würde. Das *IK*-Feld des Hauptgenerators hingegen muß bei Einstellung kleinerer Drehzahlen geschwächt werden, um den Dieselmotor entsprechend zu entlasten. Wenn sich die Ladung der Batterie auf den Laststufen allein als ungenügend erweist, muß auch noch auf der bedeutend niedriger liegenden Leerlaufdrehzahl geladen werden. Man kann zu diesem Zwecke die Erregermaschine so groß machen, daß sie noch bei Leerlaufdrehzahl eine genügend große Spannung hergibt. Dann macht sich aber die geringe Eisensättigung bei den höchsten Drehzahlen durch große Labilität und Temperaturabhängigkeit der Erregermaschine unangenehm bemerkbar. Da die Leistung des Hauptgenerators weitgehend von seinem *IK*-Feld, somit also von der Spannung der Erregermaschine abhängig ist, wird durch die schwache Sättigung der Erregermaschine, gerade bei der größten Drehzahl, die Belastung des Dieselmotors schwankend und ungleichmäßig werden. Diese Schwierigkeiten lassen sich vermeiden, wenn man die Erregermaschine knapper bemißt, so daß sie auch bei höchster Drehzahl noch stabil ist. Sie kann dann nur auf den Laststufen Spannung abgeben. Zur Batterieladung auf der Leerlaufstufe wird dafür der Hauptgenerator herangezogen. Eine hierfür entwickelte Schaltung hat sich bei der Deutschen Reichsbahn zur vollsten Zufriedenheit bewährt.

Auf die Wichtigkeit einer ausreichenden Batterieladung sei hingewiesen. Abgesehen davon, daß eine vollständig entladene Batterie das ganze Fahrzeug lahmlegt, kann auch schon eine schlecht geladene Batterie empfindliche Störungen verursachen. Besonders bei Kolonialbahnen, wo nicht überall geeignete Gleichspannung zur Nachladung der Batterie verfügbar sein wird, ist auf eine ausreichende Ladung erhöhtes Augenmerk zu richten.

Die RZM-Steuerung gewährleistet bei den meisten Triebwagen einen vollauf zufriedenstellenden Betrieb. Schwierigkeiten treten erst dann auf, wenn einerseits sehr hohe Geschwindigkeiten und anderseits hohe Anfahrzugkräfte verlangt werden, also auf einem großen Geschwindigkeitsbereich die volle Dieselleistung erforderlich ist. Wie wir gesehen haben, kann der Strombereich, in dem der Dieselmotor voll ausgenutzt wird, durch die beiden Stromwächter zwar etwas erweitert, aber nicht beliebig ausgedehnt werden. Als Ausweg bleibt dann noch Reihenparallelschaltung der Fahrmotoren. Die damit verbundene Vermehrung der Schaltgeräte ist aber gerade bei Kolonialbahnen sehr unerwünscht; denn da wird man alle Teile, die einer sorgfältigeren Wartung bedürfen und der natürlichen Abnutzung unterliegen, auf ein Mindestmaß beschränken.

Vollastschaltungen.

Volle Ausnutzung der verfügbaren Dieselleistung, allein durch ruhende Wicklungen, gewährleisten hingegen die als Lösung 3 genannten Vollastschaltungen. Hier gibt es wieder zahlreiche Ausführungsarten, von denen die Ausführung mit Spaltpolerregermaschine näher besprochen werden soll. Der Hauptgenerator hat hierbei ein von der Spaltpolmaschine gespeistes Feld und außerdem meist ein Hauptstromfeld, um den Dieselmotor anwerfen zu können. Der neuartige Aufbau der Spaltpolerregermaschine sei an Hand der Abb. 3 kurz erläutert. Die Maschine besteht eigentlich aus zwei Teilen, welche in Zu- und Gegenschaltung arbeiten, aber konstruktiv zu einer Einheit verbunden sind. Das größere der beiden Ankerpakete läuft unter Polen, welche von einer vom Ankerstrom des Hauptgenerators durchflossenen Verbundwicklung erregt werden. Das schmälere Paket läuft unter Polen, welche eine ebenfalls vom Hauptstrom durchflossene Gegenverbundwicklung tragen. Schließlich ist noch eine weitere Feldwicklung vorgesehen, welche beide Pole umfaßt und an konstanter Spannung, gewöhnlich an der Wagenbatterie, liegt. Sie wirkt im Sinne der Verbundwicklung. Bei zunehmendem Strom nimmt die Erregung des Verbundpoles zu, während die des Gegenverbundpoles rasch abnimmt, bis schließlich die Gegenerregung durch den Hauptstrom die Batterieerregung überwiegt und der schmälere Teil der Maschine im entgegengesetzten Sinne wirkt. Durch das Zusammenwirken beider Maschinenteile auf die gemeinsame Ankerwicklung entsteht in derselben eine Spannung, welche, über dem



1 Kompoundfeld *2* Gegenkompoundfeld *3* Batteriefeld

Abb. 3. Schnitt durch eine Spaltpol-Erregermaschine.

Hauptgeneratorstrom aufgetragen, etwa hyperbolischen Verlauf hat (Abb. 4). Unter dem Einfluß dieser Erregerspannung verläuft die Spannung des Hauptgenerators auch nach einer ähnlich verlaufenden Kurve, so daß die aufgenommene Leistung über den ganzen Geschwindigkeitsbereich konstant bleibt.

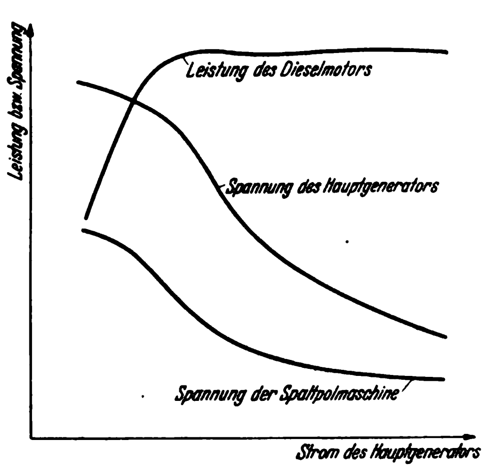


Abb. 4. Kennlinien bei Vollastschaltung.

Die Leistungsaufnahme des Generators ist dann aber auch bei allen vorkommenden Drehzahlen konstant und der jeweiligen Leistungsfähigkeit des Dieselmotors angepaßt. Man braucht also mit dem Drehzahlsteller keine Widerstandsstufen zu schalten und erhält daher einen denkbar einfachen Aufbau der Schaltung. Lediglich bei Lokomotiven empfiehlt sich eine Vorstufe, auf der bei kleinster Betriebsdrehzahl mit geschwächter Erregung gefahren wird, um bei alleinfahrender Lokomotive ohne Anhängelast ein zu plötzliches Anfahren zu vermeiden. Desgleichen kann man noch eine Überlaststufe vorsehen, auf der nach Erreichen der Höchstdrehzahl die Erregung verstärkt wird, um kurzzeitig höhere Leistung zur Verfügung zu haben.

Wenn der Leistungsbedarf der an der Akkumulatorenbatterie liegenden Hilfsbetriebe nur wenige Kilowatt beträgt, kann die Erregermaschine auch zur Batterieladung herangezogen werden. Der Hauptgenerator erhält dann

Digitized by Google

zwei Feldwicklungen. Das sogenannte A-Feld liegt über einem Einstellwiderstand unmittelbar an den Klemmen der Spaltpolerregermaschine. Parallel zum A-Feld, jedoch in Reihe mit Ladewiderstand, Ladeautomat und Batterie liegt das B-Feld. Diese Feldwicklung wird somit vom Batterieladestrom durchflossen. Sinkt die Erregerspannung unter den zur Ladung notwendigen Wert, schaltet der Ladeautomat ab, und das B-Feld ist dann stromlos. Da somit die Batterie nur bei kleinen Strömen im Hauptstromkreis geladen werden kann, liegt auf der Hand, daß die gesamte Leistung der Hilfsbetriebe sehr beschränkt ist. Nichtsdestoweniger läuft eine erhebliche Anzahl von Triebwagen mit einer solchen Ausrüstung in Deutschland und im europäischen Ausland zur vollsten Zufriedenheit.

Bei Lokomotiven ist diese Art der Batterieladung kaum noch ausreichend. Dasselbe gilt auch für Triebwagen, welche auf sehr langen Strecken, wie sie der Verkehr in den großräumigen und dünn besiedelten Übersee- und Kolonialländern mit sich bringt, verkehren. Hier müssen dem Fahrgast mehr Annehmlichkeiten geboten werden. Das tropische Klima macht eine Raumklimaanlage und einen elektrischen Kühlschrank wünschenswert. Meist wird man auch eine elektrische Küche vorsehen und erforderlichenfalls auch eine elektrische Wagenheizung. Dann ist aber ein eigener Generator zur Speisung der Hilfsbetriebe unerläßlich. Er kann entweder von einem eigenen Hilfsdieselmotor angetrieben werden oder gemeinsam mit Hauptgenerator und Erregermaschine auf einer Welle sitzen. Im letzteren Falle muß Vorsorge getroffen werden, daß die Hilfsgeneratorspannung auf allen Drehzahlen konstant bleibt. Man kann das entweder durch Schaltung von Widerstandsstufen mit dem Drehzahlsteller oder durch einen selbsttätigen Spannungsregler, z. B. einen Kohledruckregler, bewirken.

Das sogenannte B-Feld fällt dann fort, Die Spaltpolmaschine speist nur ein Feld am Hauptgenerator (Abb. 5). Wie an dem Schaltbild ersichtlich ist, weist die Anordnung nur sehr wenige Schaltstellen auf, ein Vorteil für den Dienst auf Kolonialbahnen.

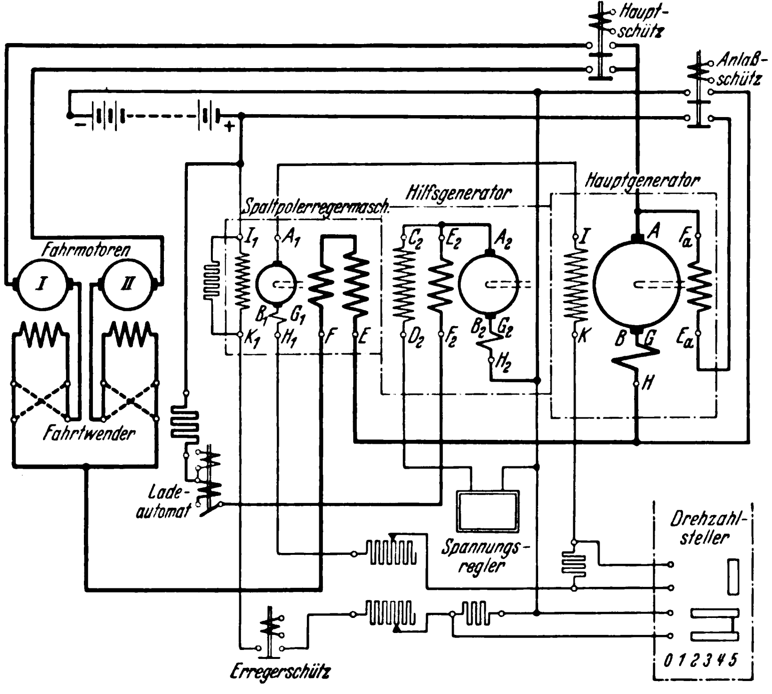


Abb. 5. Vollastschaltung.

Der Einsatz der Dieselfahrzeuge.

Dieselfahrzeuge kommen wie alle Fahrzeuge mit eigener Kraftquelle nur dort in Frage, wo die Voraussetzungen für den elektrischen Betrieb der Strecke nicht gegeben sind. Dagegen ist es mitunter möglich, durch den Einsatz von Diesellokomotiven eine sonst notwendige Elektrisierung einer Strecke zu vermeiden. Als Beispiel hierfür wäre die Linie Bukarest – Brasov der Rumänischen Staatsbahn zu nennen. Auf dieser sehr gebirgigen eingleisigen Strecke war der starke Verkehr mit den Dampflokomotiven nicht mehr zu bewältigen. Es standen also in Wettbewerb zweigleisiger Ausbau der Strecke, elektrischer Betrieb oder Beschaffung von Diesellokomotiven. Nach eingehender Kostenberechnung entschied man sich zugunsten der Diesellokomotiven. Es ist auch schon eine dieselelektrische Lokomotive der Achsfolge 2 Do 1 + 1 Do 2 mit zwei Dieselmotoren je 2200 PS, zusammen also 4400 PS Dauerleistung in Betrieb genommen worden. Die elektrische Übertragung arbeitet mit Servo-Feldreglersteuerung. Die Anschaffung weiterer solcher Lokomotiven ist geplant, um später alle schweren D-Züge damit zu befördern. Bei uns in Deutschland sind derart schwere Diesellokomotiven nicht in Betrieb; aber die Vorzüge des Dieselantriebes hat man sich auch hier schon vielfach zunutze gemacht. Dadurch, daß bei Dieselfahrzeugen alle hin- und hergehenden Triebwerksteile wegfallen, können damit Geschwindigkeiten gefahren werden, die mit Dampflokomotiven normaler Bauart nicht oder nur mit großen Schwierigkeiten erreicht werden können. Man hat daher Triebwagen mit dieselelektrischem, zum Teil auch mit dieselhydraulischem Antrieb gebaut, die heute den Schnellverkehr zwischen den wichtigsten deutschen Großstädten mit betriebsmäßigen Höchstgeschwindigkeiten von 140 bis 160 km/h versehen. Auf Probefahrten werden auch erheblich höhere Geschwindigkeiten erzielt.

Auch dort, wo es nicht auf hohe Geschwindigkeiten ankommt, bringt der Triebwagenverkehr große Vorteile mit sich. Man kann dadurch einerseits den Verkehr auflokern und an Stelle weniger langer Lokomotivzüge entsprechend mehr Triebwagen verkehren lassen, und anderseits Nebenbahnen mit einem geringen Verkehrsaufkommen wirtschaftlicher betreiben. Da der Dampftriebwagen noch nicht über das Versuchsstadium hinausgekommen ist, hat der Antrieb durch Dieselmotor auf allen nicht elektrisch eingerichteten Strecken für Triebwagen Monopolstellung. So hat auch die Deutsche Reichsbahn zahlreiche Eiltriebwagen mit Dieselantrieb und elektrischer, seltener hydraulischer Übertragung in Dienst gestellt.

Dieselfahrzeuge haben gegenüber Dampflokomotiven im Verschiebedienst auf Bahnhöfen sowie in Industrie- und Hafenanlagen den Vorteil der sofortigen Fahrbereitschaft. In Deutschland laufen zahlreiche dieselmechanische und dieselelektrische Verschiebelokomotiven sowohl auf Anlagen der Reichsbahn als auch von großen Industrieunternehmungen. Auch in Übersee, wo als weitere Vorteile noch die Unabhängigkeit von brauchbarem Kesselspeisewasser und die einfache Transport- und Lagermöglichkeit des Dieselöls hinzukommen, werden dieselelektrische Verschiebelokomotiven verwendet.

Diesellokomotiven im Betrieb.

Die deutsche Industrie lieferte kürzlich dieselelektrische Verschiebelokomotiven nach Südafrika. Da diese Maschinen für einen Betrieb bestimmt sind, der dem in den deutschen Kolonien sehr nahe kommt, sollen sie kurz beschrieben werden. Als erstes wäre eine Lokomotive der

Digitized by Google

Achsfolge Co für Kapspur mit einer dieselelektrischen Anlage von 265 PS zu erwähnen. Unter der großen Haube ist der auf einem gummigelagerten Rahmen montierte Maschinensatz, Dieselmotor und Generator, untergebracht, in den seitlichen Kästen die Hilfsbetriebe, auf dem Dach des Führerstandes der Brennstoffbehälter. In dem kurzen Vorbau auf der anderen Seite des Führerstandes befinden sich die Schützen und die Akkumulatorenbatterie. Die leichte Auswechselbarkeit des gesamten Maschinensatzes läßt die Abb. 6 erkennen. Hier ist auch die Unterbringung

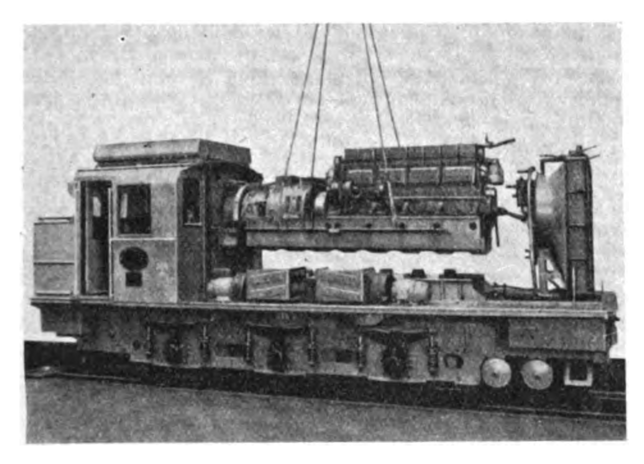
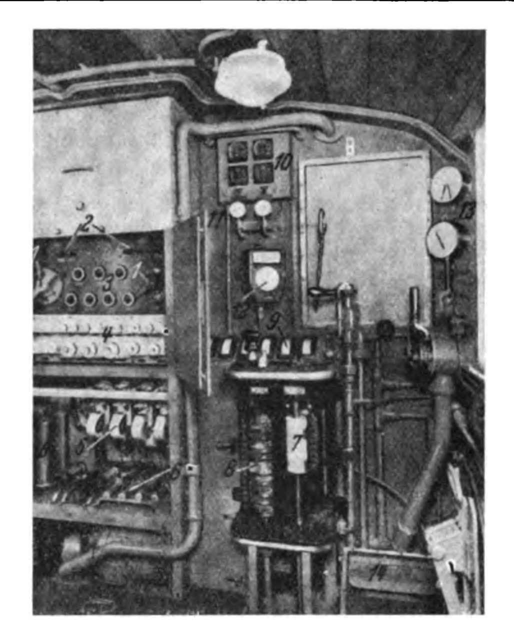


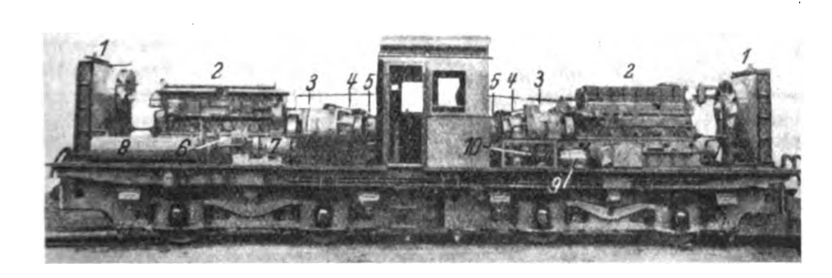
Abb. 6. Dieselelektrische Verschiebelokomotive der Achsfolge Co, 265 PS.

der Einstellwiderstände für den nach der Vollastschaltung arbeitenden Generator zu sehen. Sie liegen außen unter dem Lokomotivrahmen und werden vom Fahrwind bestrichen. Eine ähnliche, ebenfalls nach Südafrika gelieferte Lokomotive mit der Achsfolge Bo'Bo' zeigt die Abb. 7 mit abgenommenen Maschinenhauben. Anschließend an den Kühler sieht man den Dieselmotor, mit diesem gekuppelt Generator, Spaltpolerregermaschine und Hilfsgenerator. Ferner ist noch der Luftverdichter mit seinem Antriebsmotor zu sehen. Die äußerst einfache Anordnung des Führerstandes zeigt uns die Abb. 8. In dem während der Fahrt geschlossenen Kasten sind oben



1 Hauptschalter für Anlage A bzw. B
2 Anlaß- und Abstelldruckknöpfe
3 Schalter für Hilfsbetriebe
4 Sicherungen für Hilfsbetriebe
5 Feldschwächungsrelais für Fahrmotoren
6 Einstellwiderstände für Kohledruckregler
7 Fahrtwenderwalze
8 Fahrschalterwalze
9 Strom- u. Spannungsmesser
10 Drehzahlmesser u. Fernthermometer für beide Dieselmotoren
11 Öldruckmanometer
12 Geschwindigkeitsmesser
13 Bremsluftmanometer
14 Totmann-Trittplatte

Abb. 8. Führerstand der Lokomotive Bo' Bo'.



1 Kühler für Dieselmotor
2 Dieselmotor
3 Hauptgenerator
4 Spaltpol-Erregermaschine
5 Hilfsgenerator
6 Luftverdichter
7 Antriebsmotor für 6
8 Preßluftbehälter
9 Lüftermotor
10 Schütze

Abb. 7. Dieselelektrische Verschiebelokomotive der Achsfolge Bo' Bo', 2 × 265 PS.

die Hauptschalter (*1*) für Fahrt mit Anlage A, Anlage B oder Anlagen A und B, ferner Betätigung für Anlassen und Abstellen der Diesel, Schalter für die Hilfsbetriebe und alle Sicherungen untergebracht. Darunter befinden sich die Einstellwiderstände (*6*) für die Spannungsregler der Hilfsgeneratoren und die Relais für die Shuntung der Motorfelder. Vor den Augen des Fahrers sind Fernthermometer und Drehzahlmesser (*10*) für die Dieselmotoren, Öldruckmanometer, Geschwindigkeitsmesser und Bremsluftmanometer sowie Strom- und Spannungsmesser für die elektrischen Maschinen angebracht. Der Drehzahlsteller und Fahrschalter ist, wie immer bei Vollastschaltung, denkbar einfach.

Zusammenfassung.

Das vom Dieselmotor abgegebene Drehmoment kann auf drei grundsätzlich verschiedene Arten unabhängig von der Zugkraft konstant gehalten werden. Bei Verwendung eines Feldreglers (Leistungssteuerung) kann mit einem Hauptgenerator und einer Erregermaschine allen Anforderungen entsprochen werden. Bei der RZM-Schaltung kann ohne Regelgerät auf einem, für die meisten Fälle ausreichenden Bereich die Dieselleistung voll ausgenutzt werden. Ebenfalls ohne Regelgerät und mit sehr wenig Schaltstellen kann bei der Vollastschaltung mit Spaltpolerregermaschine das Drehmoment des Diesels auf einem beliebig großen Geschwindigkeitsbereich konstant gehalten werden. Hierbei muß allerdings für größeren Leistungsbedarf der Hilfsbetriebe ein eigener Hilfsgenerator vorgesehen werden.

Bei Erörterung der Wirkungsweise der verschiedenen dieselelektrischen Kraftübertragungen ergibt sich deren Eignung für alle Arten von Fahrzeugen, auch für Kolonialbahnbetrieb.

Digitized by Google

Ein Nadel-Vibrationsgalvanometer mit hoher Empfindlichkeit[1]).

DK 621.317.715

Das von Schering und Schmidt entwickelte Nadel-Vibrationsgalvanometer[2]) wird wegen der vielen Vorzüge, die es vor anderen Ausführungsformen hat, in der elektrischen Meßtechnik häufig als Nullinstrument in Brücken und Kompensationsschaltungen verwendet.

Bei den Versuchen, die Empfindlichkeit des Instruments so weit zu erhöhen, daß sie den heutigen Anforderungen der Meßtechnik genügt, zeigte es sich, daß eine Neukonstruktion nicht zu vermeiden war. Durch die konstruktive Umgestaltung und durch die Verwendung von sehr kleinen vormagnetisierten Nadeln aus geeignetem Magnetstahl wurde eine Erhöhung der Strom- und der Spannungsempfindlichkeit um mehr als eine Größenordnung erreicht, unter Beibehaltung der Vorzüge des von Schering und Schmidt entwickelten Vibrationsgalvanometers.

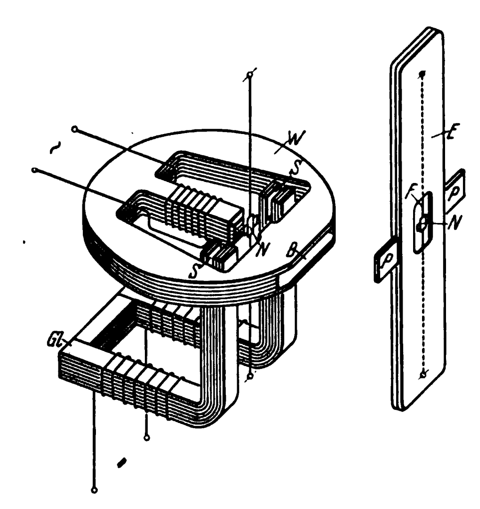


Abb. 1. Nadel-Vibrationsgalvanometer.

Das Vibrationsgalvanometer (s. Abb. 1) besteht im wesentlichen aus vier Teilen: dem Wechselstromkern (W) mit der Wechselstromspule, dem Elektromagneten (Gl) mit den Gleichstromspulen zur Abstimmung, dem Einsatz (E) mit der Nadel (N) und der Schutzkappe. Der Wechselstromkern ist aus legierten Blechen aufgebaut. In dem Mittelkern befindet sich ein Luftspalt, in dem bei dem betriebsfertigen Instrument die Magnetnadel (N) des Systems hängt. Durchfließt ein Wechselstrom die auf dem Mittelkern sitzende Spule, so erregt er in dem Spalt ein pulsierendes Magnetfeld, das die kleine Magnetnadel zu Torsionsschwingungen anregt. In dem Mittelteil des vorderen Joches ist ein waagerechter Beobachtungsschlitz (B), durch den das Licht der Galvanometerlampe auf den Spiegel der Nadel fällt. Die Schenkel des Elektromagneten, der zur Erzeugung der abstimmbaren Direktionskraft der Nadel dient, endigen in den beiden Fenstern des Mantelkerns neben dessen Luftspalt. Die Enden der Schenkel sind in der Mitte ihrer waagerecht liegenden Stirnflächen geschlitzt. In diese Schlitze (S) werden die Polschuhe (P) des auswechselbaren Einsatzes gesteckt, der das schwingende System trägt. Der Kokonfaden (F) des Einsatzes (E) trägt die kleine Magnetnadel mit dem Spiegel. Zum Schutz gegen mechanische Beschädigung ist das System fast völlig abgedeckt. Auf der rückseitigen Abdeckung können zur Vergrößerung der Nadeldämpfung kleine Kupferplatten aufgeschraubt werden. In Höhe der Magnetnadel sind an dem Rahmen flache Eisenpolschuhe (P) befestigt, welche in die geschlitzten Stirnflächen (S) des Gleichstrommagneten eingesetzt werden.

Zum Schutz gegen störende magnetische Fremdfelder hat das Instrument eine Schutzkappe aus zwei konzentrischen Zylindern aus Nickeleisen, die oben und unten einzeln durch Deckel verschlossen sind. In der Schutzkappe sitzt vor der Nadel eine Linse, welche das von dem Spiegel reflektierte Licht der Galvanometerlampe auf die Mattscheibe abbildet.

In der Zahlentafel 1 sind die mit dem Instrument erhaltenen Meßergebnisse zusammengestellt. Die Angaben lassen die erreichten Empfindlichkeiten und ihre Abhängigkeit von der Frequenz erkennen. Die Strom- und die Spannungsempfindlichkeit sowie die Resonanzbreite sind nahezu umgekehrt proportional der Frequenz und die Abklingzeit ist im wesentlichen konstant.

Es bedeuten:

Γm^i die Wechselstromempfindlichkeit, das ist die Spaltbildverbreiterung in Einheiten von $^1/_{1000}$ des Skalenabstandes (mm bei einem Abstand von 1 m) für einen Wechselstrom von 1 µA.

Γm^e die Wechselspannungsempfindlichkeit, d. h. die Spaltbildverbreiterung in gleichen Einheiten für eine angelegte Wechselspannung von 1 µV.

a_∞ die Resonanzbreite. Sie ist definiert als die prozentische Abweichung derjenigen Frequenz des erregenden Wechselstromes von der Eigenfrequenz ω_0 des schwingenden Systems, bei welcher die Empfindlichkeit auf die halbe Resonanzempfindlichkeit zurückgeht.

$\vartheta_{0,1}$ die Abklingzeit, d. h. die Zeit, in der die Amplitude nach dem Abschalten des erregenden Stromes auf $^1/_{10}$ ihres ursprünglichen Betrages abklingt.

Zahlentafel 1.

Einsatz	f Hz	Γm^i mm/µA	Γm^e mm/µV	a_∞ %	$\vartheta_{0,1}$ s
A	30	350	3,7	1,4	1,5
	50	208	2,3	0,95	1,3
	100	96	1,0	0,5	1,3
B	10	480	5,1	5,1	1,2
	25	208	2,1	2,0	1,3
	60	86	0,8	0,9	1,2
C	50	785	7,4	0,94	1,3

Einsatz A ist ein normaler Einsatz für den Frequenzbereich 30 bis 100 Hz. Die Nadel besteht aus 36% Kobaltstahl und hat die Dimensionen: Breite (b) 1,2 mm, Höhe (h) 0,8 mm, Dicke (d) 0,1 mm. Der Einsatz hat eine Dämpferplatte aus 1 mm dickem Kupferblech.

Bei dem Einsatz B, der im wesentlichen für Messungen bei den Frequenzen 16 $^2/_3$ und 25 Hz bestimmt ist, wurde die Resonanzbreite absichtlich größer gemacht, um die Messungen durch eine längere Abklingzeit nicht unnötig zu erschweren[3]).

Einsatz C hat eine Nadel aus einer von Kußmann angegebenen Platin-Eisen-Legierung[4]), die auf einem entdrillten Kokonfaden befestigt ist. ($b \sim 0,4 - 0,5$ mm; $h = 0,7$ mm; $d = 0,05$ mm); es ist dies der empfindlichste Einsatz, der bisher gemacht wurde.

Eine weitere Steigerung der Empfindlichkeit durch Verkleinerung der Nadeln ist zwar möglich, doch erfordert die Herstellung noch empfindlicherer Systeme besondere Geschicklichkeit.

Außer dem beschriebenen Vibrationsgalvanometer, das in der Regel ortsfest eingebaut wird, wurde ein weiteres Instrument entwickelt, das zusammen mit einer Beleuchtungs- und Ablesevorrichtung sowie mit einem Empfindlichkeitsregler und einem Umschalter in ein Gehäuse eingebaut ist und als tragbares Vibrationsgalvanometer verwendet werden kann. In der Originalarbeit ist das für die Praxis bestimmte Gerät näher beschrieben. *Eb.*

[1]) W. Rump, Phys. Z. 40 (1939) S. 493. 8 S., 3 Abb.
[2]) Schering u. Schmidt, Z. Instrumentenkde. 38 (1918) S. 1.

[3]) Die Nadel besteht ebenfalls aus 36% Kobaltstahl (Dimensionen b = 1,8 mm, h = 0,8 mm, d = 0,1 mm). Er hat eine Dämpferplatte von 0,7 mm Kupferblech.
[4]) Kußmann, Tätigkeitsber. d. P.T.R. 1934, S. 19. Auch erschienen in der Phys. Z. 36 (1935) S. 251.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.34 : 529.78

Netzgespeiste elektrische Turmuhren. [Nach E. Plass, Z. Fernmeldetechn. 20 (1939) S. 9; 2 S., 2 Abb.]

Es sind bereits netzgespeiste elektrische Turmuhren mit einer sogenannten „Nachlauf-Einrichtung" bekannt, durch die nach etwaigen Stromausfällen selbsttätig die motorisch angetriebenen, normalerweise minutlich fortgeschalteten Zeiger der Turmuhr, die während der Stromausfallszeit stehen bleiben, wieder auf die richtige Zeit nachgestellt werden[1]). Diese Nachlaufeinrichtungen sind beispielsweise so eingerichtet, daß von dem ständig an der Hauptuhr mit ihrer Batterie liegenden Nebenuhrwerk minutlich ein Schaltkontakt für den Starkstromkreis des Turmuhrmotors nicht nur eingeschaltet, sondern in eingeschaltetem Zustande auch aus seiner ursprünglichen Stellung fortbewegt wird, während der Motor seinerseits bei der minutlichen Zeigerschaltung der Turmuhr den Kontakt ausschaltet und wieder in die Ausgangstellung zurückbringt. Bei Stromausfällen bleibt der Motor stehen; dagegen wird der Kontakt im eingeschalteten Zustand immer weiter aus der Ursprungslage fortbewegt. Bei Wiederauftreten des Stromes läuft der Motor dann so lange, bis er die ganze in der Stromausfallzeit zurückgelegte Bewegung des Schaltkontaktes zurückgeführt hat und bei dieser längeren Einschaltung auch die Turmuhrzeiger wieder richtig gestellt hat.

Der Verfasser beschreibt eine neue, nach dem gleichen Prinzip arbeitende Einrichtung, die vor allem durch die Verwendung eines Umlaufgetriebes für die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung des unmittelbar, also ohne ein Zwischenrelais den Motor schaltenden, sehr kräftig ausgeführten Kontaktes bemerkenswert ist. Als Nebenuhrwerk wird ein Drehankerwerk mit doppeltem Drehanker verwendet, dessen Minutenwelle über eine geeignete Räderübersetzung das erste Sonnenrad des Umlaufgetriebes antreibt, das seinerseits ein auf einer Welle mit einem Klemmbolzen befestigtes Kronrad antreibt und dadurch die Welle verdreht. Auf der Welle sitzt eine Nockenscheibe, aus deren Nocke bei dieser Drehung ein federbeeinflußter Hebel herausgedrängt wird, der über ein weiteres Hebelsystem den Starkstromkontakt einschaltet. Der Motor schaltet bei der Zeigerschaltung den Kontakt wieder aus und treibt anderseits über ein Schlitzrad mit weiteren Übersetzungen ein zweites Sonnenrad an, wodurch das Kronrad in entgegengesetzter Richtung bewegt wird; dadurch wird die Nockenscheibe in die Ursprungslage zurück bewegt, so daß der zugeordnete Hebel in die Nocke wieder einfällt und die Bereitschaftslage wieder hergestellt ist. Bei Stromausfällen wird das erste Sonnenrad minutlich weiterbewegt, und der Kontakt bleibt in geschlossenem Zustand; bei Wiederauftreten des Stromes bleibt der Motor also länger eingeschaltet, bis er die Nockenscheibe um die ganze in der Ausfallzeit zurückgelegte Strecke zurückbewegt hat. Außer dieser Minuten-Nockenscheibe ist noch eine weitere Stunden-Nockenscheibe enthalten; insgesamt können also Stromausfälle bis zu 12 Stunden überbrückt werden. *Blz.*

DK 621.317.785.025.3 : 621.3.062.9.004.64

Über das Verhalten von Drehstromzählern bei einigen Schaltfehlern. [Nach G. Finocchi, Energia Elettr. 16 (1939) S. 38; 6 S., 14 Abb.]

Die Anzeige falsch geschalteter Zähler in Zweiwattmeterschaltung läßt sich am anschaulichsten aus dem dreiphasigen Vektordiagramm ableiten. Man bildet dort einfach für die beiden Meßsysteme das Produkt von Strom und Spannung, indem der Strom auf die Spannungsrichtung projiziert wird, die Summe der beiden Teilmessungen w_1 und w_2 ergibt die Gesamtleistung. Für einige wichtigere Fehlschaltungen ermittelt G. Finocchi den Korrektionsfaktor, wobei Symmetrie von Belastung und Spannungsstern vorausgesetzt wird. Die Ergebnisse werden für veränderliche Phasenwinkel φ zwischen Strom und Sternspannung aufgetragen.

[1]) S. a. ETZ 60 (1939) H. 19, S. 561.

Abb. 1 gibt eine Gegenüberstellung der behandelten Fehlschaltungen; es bedeuten:

P — P = $f(\varphi)$ richtige Schaltung der Meßsysteme, die gemeinsame Phase der Spannungsspulen sei *S*.

1 — 1 eine Stromspule mit dem Winkel ($\varphi + 30°$) ist nicht angeschlossen, die Anzeige entspricht der Teilmessung w_1.

2 — 2 die andere Stromspule mit dem Winkel ($\varphi - 30°$) ist nicht angeschlossen; die Anzeige entspricht der Teilmessung w_2.

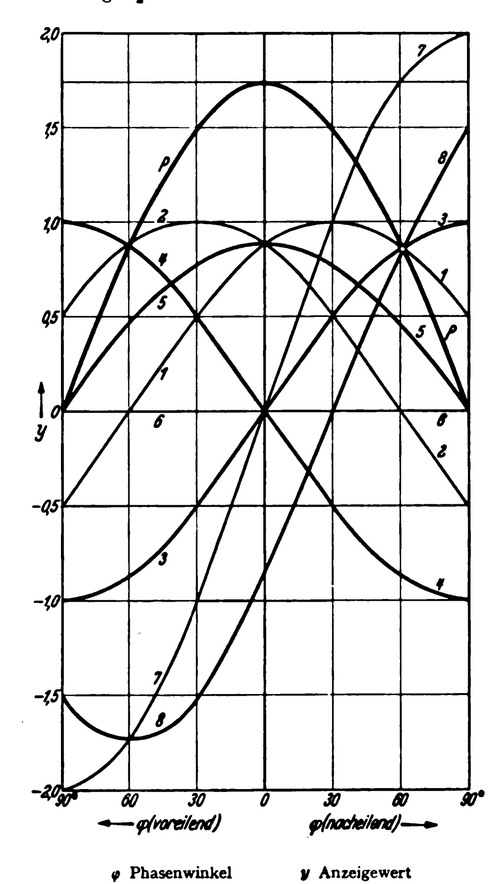


Abb. 1. Verlauf der Anzeige von Drehstromzählern bei Fehlschaltungen.

3 — 3 die Stromspule mit dem Winkel ($\varphi + 30°$) ist umgepolt, die entsprechende Teilmessung kehrt sich ebenfalls um, die Gesamtanzeige ist verhältnisgleich sin φ.

4 — 4 die andere Stromspule mit dem Winkel ($\varphi - 30°$) ist umgepolt. Die Gesamtmessung verläuft umgekehrt wie bei *3 — 3*.

5 — 5 der Anschluß der Spannungsspulen an die gemeinsame Phase fehlt. Der Korrektionsfaktor ist unabhängig vom Phasenwinkel gleich 2. Daraus leiten sich einfache Hilfsschaltungen bei Störungen in Wandlerstromkreisen ab. Wenn z. B. ein einphasiger Spannungswandler ausfällt, werden die beiden Spannungsspulen des Zählers parallel über den gesunden Spannungswandler an die Phasen *R* und *T* angeschlossen (nach Möllinger). Muß dagegen ein Stromwandler abgeschaltet werden, so legt man die Stromspulen in Reihen an den gesunden Stromwandler und die Spannungsspulen an die verkettete Spannung *RT* und *ST*.

6 — 6 die Anschlüsse der Spannungsspulen an den nicht gemeinsamen Phasen *R* und *T* sind vertauscht. Die Teilmessungen verlaufen nach einer Sinuskurve, jedoch gegensinnig. Die Gesamtanzeige ist Null, und zwar

Digitized by Google

unabhängig vom Phasenwinkel. Diese Schaltung gestattet also eine einfache Probe auf Symmetrie der Netzbelastung.

7 — 7 Schaltung wie zuvor *6 — 6*, jedoch ist außerdem die Stromspule mit Phasenwinkel ($\varphi + 30°$) umgepolt. Die beiden Teilmessungen verlaufen nach einer Sinuskurve, aber gleichsinnig. Die Gesamtmessung entspricht daher ebenfalls sin φ, jedoch dem doppelten Wert gegenüber *3 — 3*.

8 — 8 es arbeiten zusammen die Stromspule R mit Spannungsspule ST und Stromspule T mit Spannungsspule RT. Die Gesamtanzeige verläuft nach einer Sinuskurve mit 30° Verschiebung gegenüber dem Nullpunkt; der Scheitelwert mit $\sqrt{3}$ liegt bei 60° Voreilung. Der Korrektionsfaktor ist

$$\frac{\sqrt{3}\cos\varphi}{\sqrt{3}\sin(\varphi - 30°)} = \frac{\cos\varphi}{\sin(\varphi - 30°)}.$$

Wie man sieht, liegen bei einigen Fehlschaltungen die Anzeigen für 60° Nacheilung in der Nähe des richtigen Meßwertes. Hier ist also die Entscheidung über die Richtigkeit der Schaltung aus der Anzeige allein nicht sicher zu ermitteln[1]).

Dr. Az.

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.36.012

Das Arbeitsdiagramm des läufergespeisten Drehstrom-Nebenschlußmotors. [Nach R. Stix, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 11, S. 698; 19 S., 9 Abb.]

Der Aufsatz behandelt das Kreisdiagramm des Primärstromes des läufergespeisten Drehstrom-Nebenschlußmotors in ähnlicher Weise, wie dies nach Ossanna für den Drehstrom-Asynchronmotor üblich ist. Im besonderen wird bei Aufstellung des Diagrammes sowohl der ohmsche Widerstand der Primär-(Schleifring-)Wicklung berücksichtigt, als auch dem Umstand Rechnung getragen, daß das Streufeld der Schleifringwicklung mit der Kollektorwicklung nur teilweise verkettet ist und daher dem Streufeld der letzteren nicht gleichgesetzt werden darf. Neben den allgemeinen Formeln für den Primär- und Sekundärstrom werden die kennzeichnenden Kreispunkte für den Ortskreis des Primärstromes sowie dessen Mittelpunktskoordinaten angegeben, und zwar sowohl für den allgemeinsten Fall, wenn Drehzahl und Blindleistung geregelt wird, als auch für die Sonderfälle reiner Drehzahlregelung und reiner Blindleistungskompensation.

Wenn man den Magnetisierungsstrom $\mathfrak{J}_0$ (Stromaufnahme des Motors bei offenem Ständerkreis) einführt, so wird nachgewiesen, daß der Sekundärstrom $\mathfrak{J}_2$ verhältnisgleich der Vektordifferenz von Primärstrom $\mathfrak{J}_1$ und von $\mathfrak{J}_0$ ist und nach Ausrechnung einer Maßstabzahl aus dem Kreisdiagramm direkt abgelesen werden kann. Sind ferner die Kreispunkte des Primärstromes für die Schlüpfungswerte $s = \infty$, $s = 1$ und $s = s_0$ (Leerlaufschlüpfung bei Drehzahlregelung) gegeben bzw. ausgerechnet, so stellt die Verbindungslinie der Kreispunkte für $s = \infty$ und $s = s_0$ die Drehmomentengerade und die Verbindungslinie der Kreispunkte für $s = 1$ und $s = s_0$ die Leistungsgerade dar. Drehmoment und abgegebene Leistung sind, abgesehen von den Reibungsverlusten, den senkrechten Abständen p_1 bzw. p_2 des jeweiligen Kreispunktes auf diese Geraden proportional, die zugehörigen Verhältniszahlen sind nach erfolgter Ermittlung der Motorkonstanten einfach zu berechnen.

Die Lage des Ortskreises für den Primärstrom sowie die Maßstäbe für Sekundärstrom, Drehmoment und abgegebene Leistung ändern sich mit der Bürstenstellung, so daß es erforderlich ist, das Kreisdiagramm für die wichtigsten Bürstenstellungen zu berechnen. Außerdem ist, im Gegensatz zum Asynchronmotor, die Lage des Ortskreises abhängig vom ohmschen Widerstand im Sekundärkreis; bei Veränderung desselben ändern sich Drehmoment, Kippmoment und Stromaufnahme bzw. Schlüpfung nach anderen Gesetzmäßigkeiten, als dies vom Drehstrom-Asynchronmotor her bekannt ist. Die Berücksichtigung der Eisenverluste sowie der zusätzlichen Verluste durch Kurzschlußströme unter den Bürsten erfolgt in üblicher Weise durch Verschiebung des Koordinatenursprunges um den Betrag der Wattkomponente des Magnetisierungsstromes einschließlich der Bürstenkurzschlußverluste.

[1]) Die Ergebnisse sind zum Teil bereits in folgenden Arbeiten enthalten: D. Freyer, ETZ 44 (1923) S. 97; H. Ziemendorff, ETZ 45 (1924) S. 952; R. Gröber, ETZ 54 (1933) S. 443; F. Dittrich, ETZ 57 (1936) S. 531.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.316.722.016.35

Stabilisierungseinrichtungen bei selbsttätigen Spannungsreglern. [Nach A. Lang, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 11, S. 687; 11 S., 11 Abb.]

Die Eigenschaften eines selbsttätigen Spannungsreglers in Bezug auf Stabilität, Genauigkeit und Schnelligkeit der Regelung sind bei gegebener Zahl der Trägheiten im Regelkreis durch die Art der Stabilisierungseinrichtung bestimmt. Die Güte der verschiedenen Stabilisierungseinrichtungen hinsichtlich der Stabilität und der Schnelligkeit der Regelung ist durch den Betrag und die Richtung der zeitlichen Verschiebung der Rückführgröße gegen die Meßgröße gegeben. Sie drückt sich in der Art der Abhängigkeit der Abweichung der vom Regler unmittelbar beeinflußten Regelgröße x_1 (Regelwiderstand oder Erregerstrom der vom Regler unmittelbar gesteuerten Erregermaschine) von der Spannungsabweichung U_1 der geregelten Hauptmaschine aus.

Für die üblichen Stabilisierungseinrichtungen elektromechanischer Spannungsregler (Dämpfung des Meßorgans durch Ölkatarakt, statisches oder vorübergehend statisches Meßorgan, elektrische Rückführungen aus dem Regelkreis mittels Widerständen, Kondensatoren oder Transformatoren und deren Kombinationen mit Ölkatarakten bzw. Federn) werden diese Abhängigkeiten bestimmt. Es ergeben sich 4 Hauptfälle:

$$\mathrm{d}\,x_1/\mathrm{d}\,t \sim -\int U_1\,\mathrm{d}\,t. \qquad (1)$$

Die Geschwindigkeit der Regelgrößenabweichung x_1 ist proportional dem Zeitintegral der Spannungsabweichung U_1. Fall der 180° phasenverschobenen Rückführung. Reine Rückkopplung. Unstabiler Betrieb.

$$\mathrm{d}\,x_1/\mathrm{d}\,t \sim -U_1 \qquad (2)$$

90° phasenverspätete Rückführung. Fall der trägen Regelung mit reiner Dämpfung des Meßorgans.

$$\mathrm{d}\,x_1/\mathrm{d}\,t \sim -\mathrm{d}U_1/\mathrm{d}\,t \qquad (3)$$

Phasengleiche Rückführung. Fall der Schnellregelung mit statischem Meßorgan.

$$\mathrm{d}\,x_1/\mathrm{d}\,t \sim -\mathrm{d}^2\,U_1/\mathrm{d}\,t^2 \qquad (4)$$

90° phasenverfrühte Rückführung.

Führt man der Meßorganspule eine 90° gegen die Hauptmaschinenspannung phasenverfrühte Rückführspannung zu und dämpft das Meßorgan noch durch einen Ölkatarakt, so wirkt die Stabilisierung wie eine vorübergehende Statik, d. h. der Regler wirkt als Schnellregler. Ein Regler mit der vorliegenden Art der Stabilisierung ist aber stabilitätsmäßig günstiger, da im Gegensatz zur Stabilisierung mit vorübergehender Statik keine Massenschwingungen auftreten können. Die 90° phasenverfrühte Rückführspannung erhält man aus der Hauptmaschinenspannung durch Zwischenschaltung eines Transformators. Wird der Rückführtransformator an die Erregermaschine angeschlossen, so liegt der Fall der trägen Regelung mit reiner Dämpfung des Meßorgans vor.

DK 621.314.652 : 669.71

Gleichrichterausbau für die amerikanische Aluminiumindustrie. [Nach D. I. Bohn u. W. E. Gutzwiller, Electr. Wld., N. Y. 110 (1938) S. 1585; 4 S., 2 Abb.]

Die hohen bei der Aluminiumherstellung benötigten Gleichstrommengen werden wirtschaftlich als Drehstrom erzeugt und dann gleichgerichtet. In der amerikanischen Aluminiumindustrie wurden anfänglich für die Umformung des erzeugten Wechselstromes nur umlaufende Umformer in Form von Motorgeneratoren benutzt. Nach Abwägen der wirtschaftlichen und betrieblichen Gesichtspunkte kamen dann langsam gittergesteuerte Quecksilberdampfgleichrichter auf, zumal diese sich in der kanadischen chemischen Technik gut bewährt hatten; dabei wurden die Anlagekosten je kW, die gesamten Betriebs- und Wartungskosten, Wirkungsgrad, Leistungsfaktor, Spannungs- und Leistungsregelung, Anlaufzeit und Stabilität berücksichtigt. Auch große Einheiten zeigten hohe Betriebssicherheit, wobei die Sperrwirkung der gittergesteuerten Gefäße bei Kurzschluß besonders vorteilhaft ist.

D. I. Bohn und W. E. Gutzwiller berichten über Betriebserfahrungen mit Quecksilberdampf-Gleichrichtern in der amerikanischen Aluminiumgewinnungsanlage von Alcoa. Diese Anlage, deren grundsätzliche Schaltung mit dreiphasigem Doppelsammelschienensystem von 13,2 kV, 60 Hz angegeben wird, hat eine eingebaute Leistung von 55 000 kW mit 10 gittergesteuerten 5500 kW-Doppeleinheiten. Die zugehörigen Haupt-

Digitized by Google

transformatoren haben unterspannungsseitig 1760 V und stehen im Freien. Sowohl auf der Gleich- wie auf der Drehstromseite sind umfangreiche Schutzmaßnahmen und Meßeinrichtungen vorgesehen. Die Anlage mit den Quecksilberdampf-Gleichrichtern und Zubehör erfordert beträchtlich weniger Platz und Gewicht als eine entsprechende mit umlaufenden Umformern und ist teilweise als Freiluftanlage ausgeführt, während die Gefäße und das Zubehör im daneben befindlichen Gebäude untergebracht sind; schaltungstechnisch ist die Anlage in zwei gleichgroße Hälften unterteilt. Durch Schaltungsmaßnahmen gelang es, die Rückzündungsgefahr zu vermindern. Der Kurzschlußschutz hat sich bewährt. Durch verschiedene Schaltung der vorhandenen Transformatoren wurde die Oberwelligkeit in erträglichen Grenzen gehalten. *Tsch.*

Lichttechnik.

DK 628.972 : 629.123.3

Schiffsbeleuchtung. [Nach L. C. Kalff, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 361; 7 S., 9 Abb.]

Die Ansprüche an Beleuchtungsgüte entsprechen denen eines gutes Hotels. Der Anteil der Beleuchtung ist nur ein kleiner Prozentsatz der insgesamt verfügbaren Leistung. Die Kabinenbeleuchtung soll etwa 85 lx betragen (DIN 5035 — Wohnraum, mittlere Ansprüche: 80 lx). Für Gänge, die kein Tageslicht besitzen, reicht eine Beleuchtungsstärke von 40 lx aus. Hallen und Säle dagegen müssen festlich und dekorativ beleuchtet sein. In Speisesälen z. B. 120 lx, für Festräume, Schreibzimmer usw. werden 120 lx bis 200 lx empfohlen. Die geringe Raumhöhe bedingt die Wahl der Lichtverteilung. Es werden vielfach in doppelte Decken eingelassene Leuchten verwendet, um möglichst viel freien Raum auch für Transport von Gepäckstücken zu erhalten. Die Gangbeleuchtung geschieht daher mit Leuchtröhren (ähnlich Linestra) an Fassungen mit federnden Kontakten zur Dämpfung der Erschütterungen im Schiff. Weitgehend werden für größere Räume Hohlkehlenbeleuchtungen verwendet; allerdings meist in Verbindung mit Deckenleuchten. Der Wirkungsgrad der Schiffsbeleuchtungsanlage ist allgemein schlecht. Auch bei hellem Anstrich stört der erforderliche Leuchteneinbau in die Decke. Für einen Speisesaal von 190 m^2 bei einer mittleren Beleuchtungsstärke von 90 lx werden angegeben: 265 Lampen zu je 40 W erzeugen einen Lichtstrom von 119 250 lm, von denen auf die Meßebene 17 100 lm entfallen (Wirkungsgrad 14,3 %). Die ausgenutzte Lichtleistung ist also 1,6 lm/W bei 11,2 lm/W tatsächlicher Lampen-Lichtleistung. *W. A. S.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.394.62.025

Eine Empfangsschaltung der Wechselstromtelegraphie mit großem Pegelregelbereich. [Nach G. Junga, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- und Fernsehtechn. 27 (1938) S. 324; 4 S., 5 Abb.]

Die Wechselstromtelegraphie (WT) bildet das Rückgrat des heutigen Telegraphennetzes. Es ist daher erklärlich, daß hohe Anforderungen an die technischen Einrichtungen gestellt werden. Die WT arbeitet bekanntlich nach dem Einfachstromverfahren, wobei Trägerströme getastet werden; ihr haften daher alle Mängel des Einfachstrombetriebes an, zu denen vor allem die Pegelabhängigkeit gehört. Besonders betroffen ist hiervon der Empfangsteil der WT. Es werden daher Schaltanordnungen eingebaut, die gewisse Pegelschwankungen selbsttätig ausgleichen. Die vorliegende Arbeit behandelt das Problem der Pegelregelung. Der Verfasser geht zunächst auf die Vor- und Nachteile des Arbeits- und Ruhestromverfahrens bei der WT ein und weist nach, daß eine scharfe Abgrenzung nicht möglich ist, weil die jeweiligen Betriebsverhältnisse zu berücksichtigen sind. Im ganzen muß wohl dem Ruhestromverfahren der Vorzug gegeben werden, das das CCIT auch für den zwischenstaatlichen Verkehr auf Kabeln empfohlen hat. Der Ruhestrombetrieb bietet besonders günstige Vorbedingungen für die Ausführung einer selbsttätigen Pegelregelung im Empfänger. Verfasser erläutert eingehend den Zusammenhang zwischen der Pegelschwankung und Zeichenverzerrung sowie das Verfahren der selbsttätigen Pegelregelung. Bei dem von der Deutschen Reichspost eingeführten System der WT mit Arbeitsstrombetrieb werden vom Empfänger noch Pegelschwankungen von ± 0,3 Neper selbsttätig ausgeglichen. Bei diesem Wert, der im praktischen Betrieb oft überschritten werden kann, beträgt die Zeichenverzerrung bis zu 11 % und mehr. Es ist daher eine Empfangsschaltung für Ruhestrombetrieb mit großem Regelbereich und geringem Aufwand an Schaltmitteln entwickelt worden, durch die selbst bei Pegelschwankungen von ± 0,7 Neper die Verzerrung kleiner als 10 % gehalten wird. Die Schaltung arbeitet nach dem Grundsatz, die Ansprechempfindlichkeit des Empfängers stets um die Hälfte der Pegelerhöhung herabzusetzen; dabei wird der Empfänger im praktischen Betrieb auf die Mitte des Regelbereiches eingestellt, damit in gleicher Weise sowohl Erhöhungen als auch Verminderungen des Pegels ausgeglichen werden können. Das Verfahren eignet sich besonders für die Röhrenschaltungen, in denen der Gitterstrom zur Pegelregelung verwendet wird und die Ansprechempfindlichkeit linear von der Gitterspannung abhängt. Die Wirkungsweise der Schaltung wird an Hand von Schaubildern eingehend besprochen. Den Schluß bilden einige Angaben über Meßergebnisse. *Schk.*

DK 538.69.029.4

Magnetische Abschirmung durch ebene Bleche bei Tonfrequenzen. [Nach F. Moeller, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 48; 6 S., 11 Abb.]

Die Abschirmung magnetischer Wechselfelder durch unendlich große leitende Wände ist rechnerisch im wesentlichen als gelöst anzusehen. Für begrenzte Schirme liegen Näherungsverfahren vor. Das bisher vorhandene Versuchsmaterial wird durch Ausmessung des Restfeldes hinter begrenzten viereckigen Blechschirmen ergänzt. Die Messung erfolgte in der Achse der felderzeugenden Erregerspule, die Schirme standen senkrecht zur Spulenachse. Die Versuche erfassen den Tonfrequenzbereich 0,1 bis 10 kHz und erstreckten sich auf ebene Bleche (insbesondere Al) von 10 bis 100 cm im Quadrat und von 0,2 bis 2,0 mm Stärke. Die Abstände zwischen Erregerspule und Schirmblech betrugen 2 bis 25 cm.

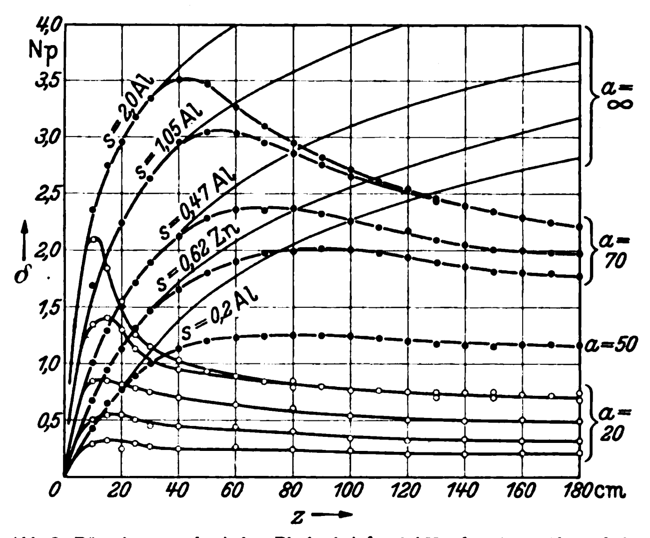


Abb. 2. Dämpfung quadratischer Bleche bei $f = 1$ kHz, $k = 5$ cm Abstand der Bleche von der Spulenmitte, a Kantenlänge der Bleche in cm, s Dicke der Bleche in mm, z Entfernung von der Erregerspule.

Unter der Dämpfung δ wird das Verhältnis des ungestörten Spulenfeldes zum Restfeld bei Abschirmung in Neper verstanden. Abb. 2 zeigt das Ergebnis einiger Meßreihen bei 1 kHz. Die Kurven $a = \infty$ sind für unendlich große Bleche gerechnet. Die Ergebnisse aller Meßreihen sind qualitativ ähnlich: Dicht hinter dem Blech (bei kleinem z) ist die Dämpfung der des unendlich großen Bleches gleich. Sie nimmt dann nach einem oft sehr spitzen Maximum ab, um in großer Entfernung einem konstanten Endwert zuzustreben. Die Versuchsergebnisse stehen mit der zu erwartenden Verteilung der Wirbelströmung in den Schirmblechen in Übereinstimmung.

Abschließend wird gezeigt, daß die Dämpfungskurven in gewissem Bereich durch einfache Näherungsformeln dargestellt werden können. *eb.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 536.7 : 538.3

Zur Thermodynamik elektromagnetischer Vorgänge. [Nach L. Kneissler-Maixdorf, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 11, S. 721; 11½ S., 0 Abb.]

Zwischen der Elektrodynamik und der Thermodynamik besteht in methodischer Beziehung ein nicht unerheblicher Unterschied, der bei Untersuchungen über beide Gebiete die Einheitlichkeit der Darstellung behindert. Um die Thermodynamik an die Elektrodynamik organisch anzuschließen (ein anderer Weg zur

Digitized by Google

Vereinheitlichung kann nicht in Frage kommen), wird von dem Energieprinzip in seiner Formulierung als Differentialgleichung ausgegangen und letztere, unter Hinzuziehung einer thermodynamischen Beziehung, in zwei Gleichungen gespalten. Diese beiden Gleichungen ergeben durch ihre Addition wiederum die Formulierung des Energieprinzipes (es handelt sich hier durchweg um Differentialgleichungen), sie gestatten aber auch — unter einer bestimmten Voraussetzung — die Grundlagen der klassischen Thermodynamik völlig einheitlich und ohne weitere Annahmen abzuleiten; etwa die Entropievermehrung eines abgeschlossenen Bereiches (womit eine lokale Verminderung der Entropie innerhalb dieses Bereiches wohl vereinbar ist), die bekannte Definition der Entropie nach Planck, die Beziehungen der freien Energie zu den übrigen Größen usw. usw. Die angeführte Voraussetzung bezieht sich auf die Annahme, daß eine bestimmte, in den Gleichungen auftretende Größe, deren strenger Zusammenhang mit dem thermodynamischen Potential nachgewiesen wird, bei wirklichen Vorgängen niemals abnimmt. Da diese Größe für jeden Vorgang einen bestimmten Wert besitzt, entfallen in den Gleichungen vollständig die Zeichen $\gtreqless$, an deren Stelle ausschließlich das Gleichheitszeichen tritt. Der von jeder Unstetigkeit freie Anschluß der Thermodynamik an die Elektrodynamik wird näher behandelt. Der übliche Ausdruck für die elektromagnetische Energiedichte erweist sich, in Übereinstimmung mit der allgemeinen Auffassung, nicht als allgemeine Zustandsvariable. Zwanglos lassen sich auch die Vorgänge der (mechanischen) Dynamik in die verwendete Darstellungsweise einbeziehen.

DK 621.316.3.021/.022.001.3

Über die Vereinfachung von allgemeinen Schaltungen. [Nach H. Piesch, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 11, S. 733; 14 S., 11 Abb.]

Die Verfahren zur systematischen Behandlung von Schaltungen, welche in der Arbeit „Begriff der allgemeinen Schaltungstechnik" entwickelt wurden, werden verwendet, um Schaltungen zu vereinfachen, ohne deren Wirkungsweise zu ändern. Diese Vereinfachungen (Einsparungen von Kontakten und Leitungen) können durch Kürzung, Zusammenlegung und Vermaschung vorgenommen werden. Eine Möglichkeit zur Kürzung liegt vor, wenn Kontakte in den einzelnen Stromwegen der Schaltung durch eine Kurzschlußverbindung ersetzt werden können; eine Zusammenlegung wird vorgenommen, wenn mehrere parallel geführte Stromwege durch eine einzige Verbindung ersetzt werden. Sind endlich diese Zusammenlegungen von beiden Enden der Schaltung aus (demnach von Stromquelle und Verbraucher aus) möglich und werden an beiden Enden verschiedene Stromkreise zu einer Leitung zusammengefaßt, wird diese Vereinfachung als Vermaschung bezeichnet.

Zur systematischen Untersuchung der Zustandsfunktion einer Schaltung nach sämtlichen durchführbaren Vereinfachungen wurden Verfahren ausgearbeitet und diese an Hand praktischer Beispiele dargelegt. Die Verfahren geben meist mehrere Wege zur Vereinfachung der Schaltung an, so daß unter den verschiedenen Möglichkeiten derjenige Weg ausgewählt werden kann, welcher den Konstruktionsvorschriften am besten entspricht.

Praktische Mathematik.

DK 518.5

Maschinelles Gleichungslösen. [Nach D. L. Herr und R. S. Graham. Rev. sci. Instrum. 9 (1938) S. 310; 5½ S., 9 Abb.]

Zum Lösen einer Polynomgleichung n-ten Grades

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \ldots + a_1 x + a_0 = 0$$

für die Größe x gibt es zahlreiche gute graphische und numerische Näherungsverfahren. Darüber hinaus besteht ein Bedürfnis nach mathematischen Geräten, die bei Einstellung der gegebenen Koeffizienten a_k maschinell die n im allgemeinen komplexen Lösungen $x_\nu = X_\nu\, e^{j\varphi_\nu}$ $(\nu = 1, 2, \ldots, n)$ liefern. Mancherlei in dieser Richtung gemachte Vorschläge sind namentlich bei größerem n nur nette Ideen ohne wirkliche Durchführbarkeit oder Spielereien. Erst neuerdings bilden sich anscheinend praktisch brauchbare Anordnungen heraus. Eine Maschine auf elektrotechnischer Grundlage in der Moore School of Electrical Engineering der amerikanischen University of Pennsylvania haben H. C. Hart und I. Travis für $n = 3$ angegeben, D. L. Herr und R. S. Graham für $n = 8$ ausgebaut. Die Koeffizienten a_k sind dabei als reell vorausgesetzt. Erweiterung auf komplexe Koeffizienten würde keine großen Schwierigkeiten machen. Grundgedanke ist, die gegebene Gleichung nach Multiplikation mit einer Wechselspannung $u = U\, e^{j\omega t}$ gemäß

$$a_n X^n U e^{j(\omega t + n\varphi)} + a_{n-1} X^{n-1} U e^{j(\omega t + (n-1)\varphi)} + \ldots$$
$$+ a_1 X U e^{j(\omega t + \varphi)} + a_0 U e^{j\omega t} = 0$$

als Bedingung für den Abgleich von $n + 1$ Wechselspannungen

$$a_k X^k U e^{j(\omega t + k\varphi)}$$

mit den Scheitelwerten $a_k X^k U$ und den Phasenwinkeln $k\varphi$ aufzufassen. Die Spannungen $U e^{j(\omega t + k\varphi)}$ mit $U \approx 42$ V und $\omega \approx 188\ s^{-1}$ werden aus $n + 1$ auf einer Welle sitzenden gleichartigen Generatoren erhalten, deren Ständer sich durch ein Getriebe gleichzeitig um die Vielfachen 0, φ, 2φ, ..., $n\varphi$ des gesuchten Winkels φ der Lösung x verdrehen lassen. Von ihnen entnimmt man durch Spannungsteiler (500 Ω grob, 25 Ω fein) zunächst Bruchteile gemäß den gegebenen reellen Koeffizienten a_0, a_1, ..., a_n, dann durch weitere Spannungsteiler (6000 Ω) mit gekoppelten Schiebern Bruchteile gemäß den aufeinanderfolgenden Potenzen 1, X, X^2, ..., X^n des gesuchten Lösungsbetrags X. Die Potenzierung wird dadurch eingearbeitet, daß die Schleifkontakte der Spannungsteiler durch Schnurzüge über entsprechend geformte Kurvenscheiben verstellt werden. Man probiert die Ständer-Grundverdrehung φ und den Spannungsteiler-Grundabgriff X so lange aus, bis ein Nullinstrument mit vorgeschaltetem Frequenzfilter und Verstärker den Abgleich aller $n + 1$ hintereinandergeschalteten Wechselspannungen zeigt. Dann ist $X e^{j\varphi}$ eine Lösung. In etwa 1½ Stunden lassen sich alle X_ν mit weniger als 10%, alle φ_ν mit weniger als 3% Fehler bestimmen. Durch statische Phasenschieber statt der Ständerverdrehungen, durch besondere Gestaltung und Wicklung der Widerstände gemäß Potenzgesetzen statt der Kontaktverstellung durch Schnurzüge über Kurvenscheiben und durch ähnliche Maßnahmen könnte die Genauigkeit noch wesentlich (Fehler unter 1%) gesteigert werden. *A. Wt.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 621.319.7 : 621.928.99 : 628.5

Elektrische Luftreinigung in einer optischen Fabrik. [Nach L. A. Plumb, Electr. J. 35 (1938) S. 473; 2 S., 5 Abb.]

Geringste Staubmengen in den Arbeitsräumen optischer Werke ergeben teilweise erhebliche Schwierigkeiten und führen durch Verschmutzung des Linsenkittes und der Linsen beim Zusammenbau zu Störungen und zu Ausschuß. Daher ist höchste Luftreinheit in den Räumen für die Kittherstellung und den Linsenzusammenbau erforderlich. Als besonders wirksam haben sich Kleinelektrofilter erwiesen. Diese wurden hinter vorhandene Tuch- und Stahlwollefilter geschaltet und dadurch der Gesamtentstaubungsgrad von etwa 90% auf über 99% gesteigert.

Bewährt hat sich ein Kleinelektrofilter in einem Kittherstellungsraum für eine Frischluftmenge von etwa 2500 m³/h und ein weiteres Kleinelektrofilter im Linsen-Montageraum des gleichen Werkes für etwa 4100 m³/h. Nach Einbau der Filter ergab sich eine Herabsetzung der Reinigungszeiten für die Optiken auf etwa $^1/_5$, während die Fertigung um etwa 25% gesteigert werden konnte. Die Leistungsaufnahme für jedes der Filter beträgt nur etwa 85 W. *Hch.*

DK 621.315.533 : 621.355.1

Aluminium in Akkumulatorenräumen. [Nach W. v. Zwehl, Aluminium 21 (1939) S. 243; 2 S., 4 Abb.]

Die erste nachweisbare Verwendung von Zellenschalterleitungen aus Reinaluminium in Akkumulatorenräumen geht auf das Jahr 1900 zurück; in Berlin wurde je eine Anlage mit Kabeln und gelöteten Anschlüssen bzw. mit Flachaluminium ausgerüstet, die bis zum völligen Umbau im Jahre 1924 ohne Störung in Betrieb waren. Zwei weitere 1912 und 1913 errichtete Anlagen in München sind noch in Betrieb; Verbindungen an den Rundaluminium-Leitern sind durch Löten oder Schweißen hergestellt. Alle blanken Teile werden je nach Betriebsverhältnissen in regelmäßigen Zeitabständen mit Maschinentropföl eingerieben. — Anreiz zur Verwendung von Aluminium hat vermutlich der damals hohe Kupferpreis gegeben, bei leitwertgleichen Leitungen ergab sich eine Verminderung der Leitungskosten um etwa 40%. Bei Einbau in vorhandene Räume mag auch die Herabsetzung der Deckenbelastung Einfluß gehabt haben. *eb.*

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke.

In ETZ 60 (1939) H. 4, S. 99 war ein Neuentwurf zu VDE 0430 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke"

veröffentlicht. Die gegen diesen Entwurf eingegangenen Einsprüche sind ordnungsmäßig behandelt worden und haben zu der in ETZ 60 (1939) H. 46, S. 1309 veröffentlichten endgültigen Fassung VDE 0430 XI.39 geführt. Diese wurde im November 1939 vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt mit dem 1. Januar 1940 in Kraft. Gleichzeitig wird VDE 0430/1926 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft" außer Kraft gesetzt.

In diesem Zusammenhang wird auf das Vorwort des Ausschußvorsitzenden, Herrn Dr.-Ing. W. Weicker VDE, zur Schlußfassung von VDE 0430 verwiesen (siehe S. 1307).

Sonderdrucke der neuen Regeln VDE 0430/XI.39 erscheinen gleichzeitig bei der ETZ-Verlag GmbH. (Preis RM 0,70).

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 28. November 1939, 18^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Vortrag des Herrn Professor Dr. phil. K. Arndt VDE, Berlin-Charlottenburg, über das Thema:

„Galvanische Batterien, insbesondere Trockenelemente".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften.

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochfrequenztechnik. Leiter Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
23. 11. 1939, 18^{30}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.
Vortragsreihe „Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik": „Das Verhalten der Braunschen Röhre bei sehr hohen Frequenzen (im Laufzeitgebiet)". Vortragender: Dr.-Ing. habil. H. E. Hollmann VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein.
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig (gemeinsam mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft Bezirksgruppe Leipzig). 24. 11. (Fr), 20^{00}, Grassimuseum: „Beleuchtung und Luftschutz". Dipl.-Ing. P. R. Löwenberg VDE.

Außeninstitut der T. H. Berlin und Berliner Bezirksverein Deutscher Ingenieure. 5 Vorträge (doppelstündig) über „Reibung und Schmierung". Dienstags 18^{00} bis 19^{30}, Hauptgebäude der T.H., H 25.

14. u. 21. 11: Theorie der Reibung. Dr.-Ing. Vogelpohl.
28. 11. u. 5. 12.: Schmiermittel. Dr. Jostes.
12. 12.: Schäden durch unsachgemäße Schmierung. Dipl.-Ing. Neuhoff.

Karten für die ganze Reihe 4 RM; für Studenten (Ausweis) 2 RM.

Für Einzelvorträge werden Karten nicht ausgegeben.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

A. Schalkau †. — Am 25. 10. starb nach schwerem Leiden und doch ganz unerwartet Herr Regierungsbaumeister Artur Schalkau VDE kurz vor Vollendung seines 60. Lebensjahres.

Herr Schalkau studierte an der T.H. Charlottenburg Maschinenbau und erhielt bei Ablegung seiner zweiten Staatsprüfung wegen seiner ausgezeichneten Lösung einer Beuth-Aufgabe die Beuth-Medaille mit einem Geldpreis zur Ausführung einer Studienreise, die ihn nach den V. S. Amerika führte. Nach Ablegung der Prüfung zum Regierungsbaumeister trat er im Jahre 1908 in die Dienste der Siemens-Schuckertwerke Berlin, und zwar in die Abteilung für Beleuchtung und Kraft ein, in der ihm die Leitung des Büros für die Lösung von Sonderaufgaben und die Entwicklung neuartiger Anlagen übertragen wurde. Hier hat er maßgeblich an der Einführung der Antriebe für Umkehrwalzenstraßen im In- und Auslande mitgewirkt und sie auf eine abschließende Entwicklungshöhe gebracht. Im Jahre 1913 trat er in die Leitung des Kabelwerkes der Siemens-Schuckertwerke ein. Kurz nach Beginn dieser Tätigkeit stellte ihn der Ausbruch des Weltkrieges vor ganz neue Aufgaben. Mit seiner tatkräftigen Energie gelang es ihm, die Umstellung des Werkes auf die Kriegserfordernisse durchzuführen. Mit der im Laufe des Krieges erfolgten Aufstellung eines Kupferwalzwerkes legte er den Grundstein zum Aufbau eines Metallwerkes, das er bis zu seinem Ausscheiden aus den Siemens-Schuckertwerken — Ende 1929 — mit Erfolg ausbaute und leitete. Aus den von ihm geleisteten Arbeiten seien nur erwähnt: seine erfolgreiche Mitarbeit an der Herstellung des ersten großen Pupinfernkabels — Rheinlandkabel —, die Fabrikation der ersten Kupferhohlseile für 200 kV-Freileitungen und die Einführung der Leichtmetallegierung „Aldrey" für den Freileitungsbau.

Nach kurzer Tätigkeit bei der Überwachungsstelle für Metalle und der Technischen Arbeitsgemeinschaft der Fachgruppe 8 „Drähte und Kabel" wurde ihm im Jahre 1933 die verantwortliche Leitung der Norddeutschen Kabelwerke, Berlin-Neukölln, übertragen, die er bis zum letzten Augenblick mit unermüdlicher Schaffensfreudigkeit und großem Verantwortungsbewußtsein für das Werk wie für die Gefolgschaft ausübte. Mit Herrn Regierungsbaumeister Schalkau ist ein Mann von seltener technischer Begabung, Klugheit und einer außerordentlichen Energie aus dem Leben geschieden. Sein reiches Wissen auf allen Gebieten der Technik befähigte ihn, die ihm gestellten Aufgaben stets einer erfolgreichen Lösung zuzuführen. Allen Mitarbeitern war er immer ein Vorbild treuester Pflichterfüllung. Sein Tod hinterläßt eine große Lücke in der elektrotechnischen Industrie. *Hbt.*

Digitized by Google

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.086(063)

Gesamtbericht der Weltkraftkonferenz, Teiltagung Wien 1939. Herausgegeben vom Deutschen Nationalen Komitee der Weltkraftkonferenz. Bd. 1: Allgemeines und Index. Mit 11 Abb., 11 Zahlentaf. u. 228 S. Preis geb. 5 RM. — Bd. 2: Energieversorgung der Landwirtschaft. Mit 131 Abb., 140 Zahlentaf. u. 1038 S. Preis geb. 40 RM. — Bd. 3: Energieversorgung des Gewerbes. Mit 131 Abb., 103 Zahlentaf. u. 807 S. Preis geb. 40 RM. — Bd. 4: Energieversorgung der Haushalte. Mit 199 Abb., 123 Zahlentaf. u. 1130 S. Preis geb. 40 RM. — Bd. 5: Energieversorgung der öffentlichen Beleuchtung. Mit 71 Abb., 75 Zahlentaf. u. 460 S. Preis geb. 20 RM. — Bd. 6: Energieversorgung der elektrischen Bahnen. Mit 99 Abb., 41 Zahlentaf. u. 421 S. Preis geb. 20 RM. — Bd. 7: Querschnittsberichte aus mehreren Abteilungen. Mit 44 Abb., 15 Zahlentaf. u. 244 S. Preis geb. 10 RM. Format 160×245 mm. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939.

Zu dieser Tagung, der 10. seit der Gründung der Weltkraftkonferenz im Jahre 1924 und der 7. Teiltagung unter den Tagungen, an der sich Vertreter der Technik, Wissenschaft und Wirtschaft aus 37 europäischen und außereuropäischen Ländern eingefunden hatten, liegen nunmehr in sieben Bänden die Berichte — 199 aus 23 Ländern der Erde — und die Beiträge zu den Wechselreden vor. Auf der Tagung wurde die Energieversorgung der Landwirtschaft, des Gewerbes, des Haushalts, der öffentlichen Beleuchtung und der elektrischen Bahnen in fünf Abteilungen behandelt. Jeder Abteilung war ein Generalbericht in den drei Konferenzsprachen vorangestellt. Ein Merkmal der Tagung war, die kleineren Energieverbraucher in den Mittelpunkt der Erörterungen zu stellen. Man beschränkte sich dabei auf den Verbrauch im Haushalt, Landwirtschaft und Gewerbe. Ein vollkommen neues Gebiet war die öffentliche Beleuchtung, ein Gebiet, das mit dem ständig wachsenden Verkehr in den Städten und auf den Straßen fortgesetzt an Bedeutung gewinnt. Dem Einfluß des Belastungsfaktors und Verschiedenheitsfaktors auf die Gestehungskosten und die Preisbildung der aus zentralen Anlagen abgegebenen Energiemengen und den Maßnahmen zur Verbesserung der Ausnutzung der technischen Anlagen wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Die sieben Bände geben in den Bänden 2 bis 6 die Berichte in den fünf Abteilungen. Der Band 1 enthält eine vollständige Chronik der Wiener Tagung und der Konferenzreisen, die Entstehungsgeschichte und den Inhalt des technischen Programms sowie die in den Wechselreden behandelten Fragen. Am Schluß des Bandes ist ein Index beigefügt, der die Namen aller Berichtsverfasser und Diskussionsredner enthält, und ein dreisprachiges Sachwortverzeichnis. Der 7. Band enthält Querschnittsberichte für eine Reihe gemeinsamer Probleme in der Energieversorgung von Landwirtschaft, Gewerbe und Haushalt. Jedem Band ist ein genaues Inhaltsverzeichnis beigefügt.

Die Tagung erschloß neue Erkenntnisse und gab mancherlei Anregungen, die sicher auf die künftige Gestaltung der Energieversorgung von Einfluß sein werden. A. Przygode VDE.

DK 539.15 : 535.33

Atombau und Spektrallinien. Von Prof. A. Sommerfeld. 2. Band. 2. umgearb. u. erweit. Aufl. des „Wellenmechanischen Ergänzungsbandes". Mit 62 Abb., XI und 820 S. im Format 145×225 mm. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1939. Preis geh. 35 RM, geb. 38 RM.

Der in Fachkreisen lange erwartete und nun vorliegende II. Band zur V. Auflage des Buches „Atombau und Spektrallinien" von A. Sommerfeld bildet die zweite Auflage des im Jahre 1929 erstmalig erschienenen „Wellenmechanischen Ergänzungsbandes". Damals waren seit Begründung der Theorie durch de Broglie, Heisenberg und Schrödinger erst wenige Jahre vergangen und die neue Disziplin hatte gerade ihre ersten Erfolge in der Bestätigung ihrer quantitativen Aussagen durch die Erfahrung zu verzeichnen. In ihrem überraschend schnellen Ausbau in den seither verflossenen 10 Jahren wurde sie nun zu einem fest fundierten Gerüst zur Beschreibung der physikalischen Vorgänge im Atom und zwischen den Atomen und hat sich als ein für alle Physiker unentbehrliches Hilfsmittel bewährt. Dementsprechend ist die Neuauflage dieses „Ergänzungsbandes" aus einer nach den Worten des Verfassers „sehr vorläufigen Darstellung des Themas" zu einem auf ein Vielfaches seines Umfanges angewachsenen Lehrbuch dieses Gebietes geworden; einem Lehrbuch, das seinen besonderen Wert dadurch erhält, daß der Verfasser selbst die ganze Entwicklung der modernen Physik erlebt und aktiv gestaltet hat.

Zwei charakteristische Züge für den Aufbau dieses Werkes mögen gleich hervorgehoben sein. Der eine liegt darin, daß die in dem Buch behandelten Probleme restlos und bis in alle Einzelheiten wirklich durchgerechnet werden, vom mathematischen Ansatz angefangen bis zu den letzten, am Experiment nachprüfbaren Ergebnissen. Allen, die einmal Gelegenheit hatten, die Vorlesungen Sommerfelds zu hören, wird dieses Verfahren aus seinem regelmäßigen Kolleg über „spezielle Probleme aus der Wellenmechanik" in bester Erinnerung sein und es wird damit die gerade den Anfänger immer wieder berührende Schwierigkeit überbrückt, vom mathematischen Ansatz zu einem für die Praxis brauchbaren Ergebnis zu gelangen. In diesem Verfahren liegt es natürlich begründet, daß nur ein kleiner Teil der vielen interessanten Fragen der heutigen Atomphysik berücksichtigt werden kann, und so werden viele Leser mit Bedauern das eine oder andere Gebiet vermissen, so z. B. die allgemeine Theorie der Multipletts, die Diracsche Strahlungstheorie oder alle mit der Kernphysik zusammenhängenden Fragen. Auf der anderen Seite wird besonderer Wert auf die gründliche mathematische Fundierung der Theorie gelegt, und die dabei verwandten Hilfsmittel, die vielfach gänzlich neu sind und z. T. auf gegenwärtig in der Mathematik wenig bearbeiteten Gebieten liegen, werden nicht nur das Interesse des theoretischen Physikers, sondern auch des Mathematikers finden. Der Praktiker wird es begrüßen, daß diese mathematischen Ausarbeitungen in sehr umfangreichen Zusätzen am Schlusse des Buches gesammelt sind und somit der physikalische Zusammenhang auch ohne diese verständlich bleibt. Aber auch im Hauptteil tritt natürlich das Formale gegenüber der anschaulich-modellmäßigen Vorstellung in den Vordergrund. Letztere wird ja im ersten Band ausführlich behandelt, während es hier darauf ankommt, die dort aus dem Modell abgeleiteten Ergebnisse exakt zu begründen und zu verschärfen.

Im Rahmen dieser Zeitschrift ist es angebracht darauf hinzuweisen, daß das Buch auch dem Praktiker wertvolle Dienste zu leisten vermag. Häufig wird er beim Studium von Originalarbeiten das Bedürfnis empfinden, das Zustandekommen von Ergebnissen, deren wellenmechanische Ableitung oft nur angedeutet ist, näher zu verfolgen, wozu dieser Band ihm ein willkommener Wegweiser sein wird, denn es werden darin alle praktisch notwendigen Grundlagen der Theorie in klarer und einfacher Form bereitgestellt, wobei bewußt ein allzu ausführliches Eingehen auf die an sich sehr interessanten grundsätzlichen und rein theoretischen Probleme und Prinzipien der Quantenphysik unterdrückt wird. Dafür wurde besonderes Gewicht auf solche Fragen gelegt, die für die Beobachtung wesentlich sind und deshalb die Theorie des Photoeffektes, des kontinuierlichen Röntgenspektrums und der Comptoneffekt gründlich und weitgehend ausgeführt.

War schon der bisherige Wellenmechanische Ergänzungsband bei Studenten und Physikern das beliebteste Lehrbuch dieses Gebiets der theoretischen Physik, so wird dies nun sicher in noch weitgehenderem Maße von seiner Neuauflage gelten. Die Eleganz des Ausdrucks im geschriebenen Text stellt sich ebenbürtig neben die des mathematischen Formalismus und macht das Studium des Buches zu einem wirklichen Genuß.

G. Burkhardt.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. W. Feill, Berlin N 65, Müllerstr. 117.
Dr.-Ing. H. Krüzner VDE, Wien XIV, Beckmanngasse 16.
Dipl.-Ing. H. Kuntz VDE, Berlin W 35, Hochkirchstr. 9.
Obering. Dipl.-Ing. H. Läpple VDE, Berlin-Siemensstadt, Quellweg 64.
Dr.-Ing. W. Weicker VDE, Bad Klosterlausnitz i. Thür., Waldstr. 12.
Dr.-Ing. W. Zimmermann VDE, Berlin SW 61, Tempelhofer Ufer 21.

Abschluß des Heftes: 10. November 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | **Berlin, 23. November 1939** | **Heft 47**

Die elektrische Zugförderung im Großdeutschen Reich.

Von Otto Michel VDE, München.

DK 621.33 (43+436)

Übersicht[1]). Der neueste Stand der elektrischen Zugförderung bei der Deutschen Reichsbahn wird gezeigt und die Frage der Wirtschaftlichkeit behandelt. Die stationären Anlagen (Kraftwerke, Unterwerke, Fahrleitungsanlagen) werden kurz gestreift, während auf die neuesten Bauarten der elektrischen Triebfahrzeuge ausführlich eingegangen wird. Zum Schlusse wird die Frage der Heimstoffwirtschaft und des Schnellverkehrs besprochen.

Geschichtliche Entwicklung der elektrischen Eisenbahn.

Neben der bewährten Zugförderung durch Dampflokomotiven, die auf eine mehr als hundertjährige Entwicklung zurückblicken kann, hat sich bei fast allen größeren Eisenbahnverwaltungen der Welt die elektrische Zugförderung im Laufe der letzten 25 Jahre eine beachtliche Stellung erworben[2]). An diesem edlen Wettstreit der Technik haben sich bereits vor dem Weltkriege die Eisenbahnverwaltungen von Preußen-Hessen, Bayern und Baden beteiligt und hier die einheitlichen Grundlagen zu den heutigen Werken geschaffen. Nach dem Krieg und nach der Verstaatlichung der Eisenbahnen hat die Deutsche Reichsbahn die Einführung des elektrischen Zugbetriebes stark gefördert. Hierbei war es ein besonders glücklicher Umstand, daß seit dem Jahr 1921 die Geschicke der elektrischen Zugförderung im Reichsverkehrsministerium als der obersten Instanz der Reichsbahn dauernd von ein und derselben Hand, dem Sachreferenten im Reichsverkehrsministerium, Herrn Ministerialdirigent Prof. Dr. Wechmann, geleitet wurden, der klar und unbeirrt und trotz mancher wirtschaftlich schwerer Zeiten die Arbeiten vorwärts trieb und den richtigen Weg zeigte. Diesem Mann gebührt vorweg der Dank der Elektrotechniker. Die zeitliche Entwicklung der elektrischen Zugförderung ist aus der Abb. 1 zu ersehen, die sich zunächst auf die Strecken des Altreichs bezieht. Die Berliner S-Bahn mit 270 km Streckenlänge ist hier nicht in Betracht gezogen. 1938 erhielt dieses elektrische Netz einen gewaltigen Zuwachs durch die Heimkehr des Landes Ostmark in das Deutsche Reich. In Österreich, unserer heutigen Ostmark, waren besonders glückliche Verhältnisse für die Elektrisierung gegeben. Schwierige Streckenverhältnisse mit langen Rampen auf der einen Seite (ich nenne hier nur die Rampen am Arlberg, Brenner und in den Tauern), und auf der anderen Seite günstige Ausbaumöglichkeiten von Wasserkräften und Mangel an Kohle im eigenen Land. Die gesamte Streckenlänge der ehemaligen österreichischen Bahnen beträgt 5716 km, von denen bis heute 915 km oder 15,7 % für elektrische Zugförderung eingerichtet sind. Im Jahr 1938 wurden ferner in die Reichsbahn eingegliedert die Lokalbahn A.-G. mit 61 km elektrischem Betrieb und eine kurze tschechische Linie mit 23 km, so daß im Großdeutschen Reich nach dem Stande vom 1. 1. 1939 einschl. der

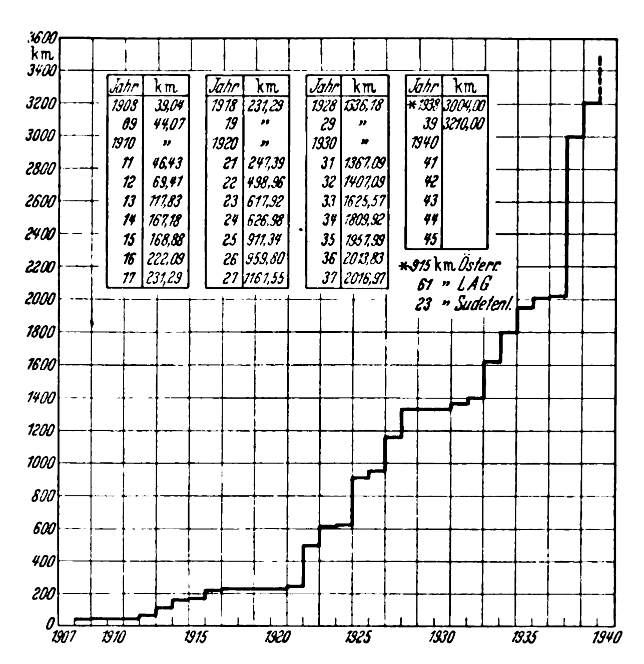


Abb. 1. Entwicklung der elektrischen Zugförderung bei der Deutschen Reichsbahn (ohne Berliner S-Bahn).

Berliner S-Bahn nunmehr 3273 km oder mehr als 5 % der Streckenlänge des gesamten Reichsbahnnetzes elektrisiert sind. Auf elektrischen Betrieb werden zur Zeit umgestellt die Strecken Nürnberg—Halle, Stuttgart—Zuffenhausen—Weil der Stadt und die Strecke Salzburg—Attnang—Puchheim mit zusammen rd. 470 km Länge[3]). Die örtliche Lage dieser Strecken geht aus Abb. 2 hervor.

Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes.

Die Gründe für die Elektrisierung von Vollbahnen sind in den einzelnen Ländern verschieden, vielfach ist es der Mangel an Kohlen, dem gerade in solchen Ländern häufig

[1]) Nach einem vor dem VDE Bezirk Berlin am 28. 3. 1939 gehaltenen Vortrag.

[2]) ETZ 60 (1939) H. 19, S. 579.

[3]) Die Teilstrecke Nürnberg–Saalfeld ist am 15. 5. 1939 dem elektrischen Betrieb übergeben worden.

Digitized by Google

ein Reichtum an Wasserkräften gegenübersteht, ich nenne hier nur Italien, Schweiz, Schweden, Norwegen (hierher gehört, wie bereits erwähnt, auch unsere jetzige Ostmark). In diesen Ländern ist es also das Bestreben, sich von dem devisenzehrenden Import frei zu machen und den Zugbetrieb auf eigener Energiebasis aufzubauen. In anderen Ländern, und hierzu gehört Deutschland, sind es die zahlreichen praktischen Vorteile des elektrischen Betriebes, die

Abb. 2. Elektrischer Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn.

für seine Einführung in erster Linie maßgebend waren, das sind die große Leistungsfähigkeit des elektrischen Betriebes, die sich vor allem im welligen Gelände außerordentlich günstig auswirkt, Tatsachen, die selbstverständlich auch für die erwähnten kohlenarmen Länder mit von ausschlaggebender Bedeutung waren. Dann waren es die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes als solche, auf die ich noch zurückkomme, und nicht zuletzt die große Zuneigung, deren sich der elektrische Betrieb infolge seiner Rauch- und Rußfreiheit bei den Reisenden erfreut. Ich spreche hier nur von den Vollbahnen, denn bei den Stadt- und Vorortbahnen größter Städte, wie Berlin und Hamburg, war die Einführung des elektrischen Betriebes schon längst eine zwingende Notwendigkeit, da hier der Dampfbetrieb den aufkommenden Aufgaben von vornherein nicht gewachsen ist. Zu den bereits aufgeführten Punkten, die für die Einführung des elektrischen Betriebes sprechen, kam gerade in den Krisenzeiten die außerordentliche Belebung der Wirtschaft, die eine Elektrisierung in alle Kreise trägt. Von besonderem Interesse ist hier eine statistische Arbeit, die anläßlich der Elektrisierung der Strecke Augsburg—Stuttgart im Jahre 1932 von den Baufirmen unter Kontrolle der Reichsbahn gemacht wurde. Hier konnte zusammenfassend festgestellt werden, daß die Auftragssumme mit 97 %, also nahezu in voller Höhe im Lande verblieb, mit Ausnahme der Ausgaben für Rohkupfer, das damals im Jahre 1932 zu 80% in deutschen Raffinerien verarbeitet wurde. Von den gesamten Kosten entfallen 80 % auf Lohn und nur 20 % auf Rohmaterialien, Unkosten und Gewinnanteile. Nach einer anderen Zusammensetzung trafen von den Gesamtkosten auf die Leistungen der großen Firmen (AEG, BBC, SSW) 38 %, auf die Industrie als Unterlieferer der Elektrofirmen 16 % und auf Leistungen der Deutschen Reichsbahn und Leistungen anderer Industrien im Auftrag der Deutschen Reichsbahn 46%. Die Aufträge verteilten sich nahezu über das ganze Reich. Aus Abb. 3 kann zusammenfassend das eben Dargelegte noch deutlicher entnommen werden. Die Zeiten haben sich seit dem Jahr 1933 grundlegend geändert; wenn auch heute der Belebung der Wirtschaft, die im Rahmen des Vierjahresplanes angestrengt arbeitet, keine ausschlaggebende Bedeutung mehr zukommt, so ist es doch von unschätzbarem Wert, daß große Elektrisierungsarbeiten der gesamten Wirtschaft zugute kommen.

Was nun die Frage der Wirtschaftlichkeit selbst anbelangt, so können im Rahmen dieses Aufsatzes nur die Ergebnisse zusammenfassend geschildert werden. Exakte Wirtschaftlichkeitsrechnungen sind außerordentlich umfangreich und schwierig; um hier einwandfreie Unterlagen zu erhalten, wurde seinerzeit von der damaligen Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn ein besonderer Ausschuß der ersten Fachmänner der Reichsbahn eingesetzt, um die Fragen für die Strecke Augsburg – Stuttgart und später München – Berlin zu studieren. Die Schwierigkeit solcher Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen liegt darin, daß für einen Vergleich zwischen Dampf- und elektrischem Betrieb gleiche Grundlagen geschaffen werden müssen; hierbei muß von gleichen Leistungen, gleichen Fahrzeiten, gleicher Fahrweise ausgegangen werden. Nun wird aber

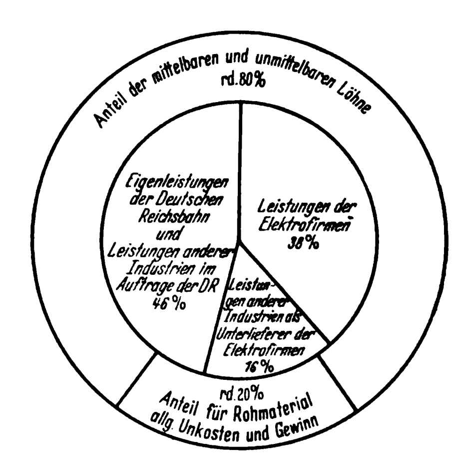


Abb. 3. Elektrisierung Augsburg—Stuttgart, Verteilung der Bausumme von 38 Mill RM.

weder beim Dampf- noch beim elektrischen Betrieb eine solche Strecke für sich betrieben; die Dampffahrzeuge und die sie später ersetzenden elektrischen Fahrzeuge werden nicht ausschließlich auf der zu elektrisierenden Strecke eingesetzt, sondern werden nach den Grundsätzen günstigster Verwendung nach besonderem Dienstplan auf allen

Digitized by Google

möglichen Strecken verwendet. Zum Beispiel die in Nürnberg beheimateten Lokomotiven werden nicht nur auf der für die Elektrisierung bestimmten Strecke Nürnberg—Halle eingesetzt, sondern auch auf den dem Dampfbetrieb verbleibenden Strecken Nürnberg—Frankfurt, Nürnberg—Passau, Nürnberg—Ingolstadt—München usw. Es muß also ein nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten aufgestellter Ideal-Dampfbetrieb auf der für den elektrischen Betrieb in Aussicht genommenen Strecke aufgestellt und diesem ein elektrischer Betrieb gegenübergestellt werden, wobei es aber in ganz besonderem Maß auf gleiche Leistungen und gleiche Fahrzeiten ankommt. Als zusammenfassendes Ergebnis dieser bis ins kleinste durchgeführten Untersuchungen kann folgendes mitgeteilt werden:

Der elektrische Betrieb wird belastet durch das Anlagekapital der Kraftwerke, Fernleitungen, Unterwerke und Fahrleitungen, durch Herstellung des für die Fahrdrahtführung benötigten Lichtraumprofils bei Unterführungen, ferner durch Verkablungen und Umbauten. Zweckmäßig werden mit einer Elektrisierung die Linienverbesserungen und etwaige Bahnhofsumbauten durchgeführt, die an und für sich im Lauf der Zeit sich als notwendig erweisen. Diese letzteren Arbeiten müssen allerdings zugleich mit Beginn der Elektrisierungsarbeiten finanziert werden. Das für die letzteren Arbeiten benötigte Kapital wird jedoch dem elektrischen Betrieb nicht zur Last gelegt. Das gesamte Anlagekapital des elektrischen Betriebes ist in den untersuchten Fällen etwa 60 % höher als das Kapital beim Dampfbetrieb. Die elektrischen Fahrzeuge sind bezogen auf das einzelne Stück bis zu 100 % teurer als Dampflokomotiven, bezogen auf die eingebaute Leistung sind sie praktisch gleich teuer. Wirtschaftlich sind daher die leistungsfähigeren elektrischen Lokomotiven dann gerechtfertigt, wenn der Betrieb die erhöhten Leistungen der elektrischen Lokomotiven auch wirklich ausnutzen kann.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit haben die Kosten der Zugförderungsenergie. Hier kommt in Betracht, daß die Dampflokomotiven die in der Kohle enthaltene Energie verhältnismäßig nur unwirtschaftlich ausnutzen können. Wenn auch die Verbesserungen der letzten Jahrzehnte durch Dampfüberhitzung, Speisewasservorwärmung, entsprechende Gestaltung der Kessel große Fortschritte gemacht hat, so gestattet doch beim elektrischen Betrieb die Krafterzeugung in besonderen Kraftwerken eine ungleich bessere Nutzung der durch die Natur dargebotenen Energieträger. In den untersuchten Fällen ergab sich bei den Kosten der Zugförderung eine Ersparnis von rd. 60 % beim elektrischen Betrieb gegenüber dem Dampfbetrieb.

Eine ausschlaggebende Rolle spielt die Unterhaltung der Fahrzeuge. Betrachtet man die allgemeine Werkstatistik der Reichsbahn, dann ergibt sich zunächst die überraschende Feststellung, daß, bezogen auf 1000 km, die Dampflokomotiven in der Unterhaltung vielfach billiger sind als die elektrischen Lokomotiven. Diese statistischen Werte sind richtig, und trotzdem geben sie ein völlig falsches Bild. Während die Dampflokomotiven im Laufe ihrer hundertjährigen Entwicklung doch bereits einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht haben, sind unter den von der Statistik erfaßten elektrischen Lokomotiven sämtliche Lokomotiven seit dem Jahr 1912 enthalten, die auch heute noch mit wenig Ausnahmen ihren Dienst versehen. Es sind also alle Entwicklungslokomotiven der Erstlingszeit des elektrischen Betriebes umfaßt, die in keiner Weise mehr mit den heute gebauten Standardlokomotiven verglichen werden können. Aufbauend auf den Grundlagen des Dampfbetriebes wurden bis zum Jahr 1927 vorwiegend noch elektrische Lokomotiven mit Stangenantrieb gebaut, die die Unterhaltungskosten außergewöhnlich ungünstig beeinflussen. Wir besitzen einzelne ältere Stangenlokomotiven, die je 1000 Lok-km bis zu 700 RM benötigen, während die neuesten Schnellzuglokomotiven Reihe E 18 mit einer um vieles höheren Leistung nur etwa 130 RM Unterhaltungskosten verursachen. Hier sei bei dieser Gelegenheit deshalb schon erwähnt, daß seit dem Jahre 1927, nachdem wir für Höchstleistungen und -geschwindigkeiten geeignete Einzelachsantriebe besitzen, nur mehr Lokomotiven mit Einzelachsantrieb verwendet werden. Für Wirtschaftlichkeitsrechnungen werden, da für Neuelektrisierungen nur mehr moderne Lokomotiven mit Einzelachsantrieb beschafft werden, auch nur solche eingesetzt. Gegenüber dem Ideal-Dampfbetrieb mit ebenfalls neuen Lokomotiven ergab sich bei den durchgeführten Berechnungen eine Ersparnis an Unterhaltungskosten von etwa 45 %; dieses Ergebnis konnte allerdings nur erzielt werden durch systematische Weiterentwicklung der elektrischen Lokomotiven, die auf einheitlichen Aufbau, Austauschbau, günstige Unterhaltung allergrößten Wert legte.

Auch im Personalbedarf ergibt die elektrische Zugförderung wesentliche Einsparungen, eine Frage, der heute wieder größte Bedeutung zukommt. Im Lok-Fahrdienst und im örtlichen Betriebsmaschinendienst ist beim elektrischen Betrieb weniger Personal nötig, vor allem die mögliche Einmann- und Einfachmannbesetzung der elektrischen Lokomotiven bei Geschwindigkeiten bis zu 90 km/h bringt wesentliche Ersparnis, während für die Anlagen der Stromverteilung und die Fahrleitungsmeistereien zusätzliches Personal nötig ist. Insgesamt konnte eine Ersparnis an Personalkosten von 26 % festgestellt werden.

Abb. 4. Bilanz zwischen Dampf- und elektrischem Betrieb für die Strecke München—Berlin.

Auf die für den elektrischen Betrieb erwachsenden Sachausgaben für Unterhaltung der Kraftwerke, Unterwerke, Fern- und Fahrleitungen kann hier nicht eingegangen werden.

Für den Kapital- und Zinsendienst sowie für die Erneuerung der Anlagen wurden entsprechend ihrer Lebensdauer die allgemeinen Finanzgrundsätze der Reichsbahn, die im wesentlichen mit den kaufmännischen Grundsätzen übereinstimmen, angewandt.

So ergab sich nun folgendes Schlußbild (Abb. 4): Ersparnisse treten beim elektrischen Betrieb ein bei der Zugbeförderungsenergie, bei der Unterhaltung der Fahrzeuge und beim Personal, Mehrausgaben bei der Zugheizung, Stromverteilung, Erneuerung, Tilgung und bei den Zinslasten infolge des höheren Anlagekapitals. Es wurden sodann mehrere Varianten durchgerechnet, wobei die für den elektrischen Betrieb ungünstigste Variante bei einer Verzinsung des Anlagekapitals von 5,3 % noch eine Überverzinsung von rd. 9,4 % ergab, ein Wert, der die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes klar erkennen läßt.

Ein Grundsatz, der sich aus solchen Rechnungen ergibt, möchte auch noch besonders herausgeschält werden. Die stationären Anlagen erfordern einen gewissen Kostenaufwand, gleichgültig ob auf der Strecke ein schwacher oder stärkerer Verkehr liegt. Eine Wirtschaftlichkeit ist nur dann gegeben, wenn auf einer Strecke ein gewisser Verkehr sichergestellt ist. Eine Richtzahl läßt sich hierfür nicht angeben, sie hängt vielmehr von den individuellen örtlichen Verhältnissen ab. Auf den

Digitized by Google

hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit untersuchten Strecken hat sich der Verkehr gerade in den letzten Jahren durch die allgemeine Wirtschaftsbelebung erheblich gesteigert, und damit die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes noch weiter erhöht.

Technische Fragen der elektrischen Zugförderung.

Kraftversorgung.

Der Energieversorgung dient eine größere Zahl von Kraftwerken, die teils der Deutschen Reichsbahn gehören, teils in fremdem Besitz sind und Energie lediglich auf Grund von Stromlieferverträgen abgeben, schließlich Kraftwerke, an denen die Deutsche Reichsbahn am Aktienkapital beteiligt ist.

Es würde zu weit führen, wenn im Rahmen dieses Aufsatzes auf die Kraftwerke im einzelnen eingegangen werden sollte. Nur die Frage der Umrichter soll kurz behandelt werden, mit denen aus 50 Hz-Netzen der Landesversorgung Einphasenwechselstrom von 16⅔ Hz gewonnen wird. Die Reichsbahn hat der Entwicklung der Umrichter für Zugförderung seit mehreren Jahren größte Aufmerksamkeit geschenkt und weitgehende Versuche unternommen.

Die im Unterwerk Basel aufgestellte Umrichteranlage[4]) ist die erste der Welt, die einen planmäßigen Vollbahnbetrieb mit 16⅔ Hz Einphasenstrom aus einem 50 Hz-Drehstromnetz speist. Dieser Umrichter arbeitet nach dem sogenannten starren System. Um eine günstigere Einphasenspannungslinie zu erzielen, werden hier verschiedene Teilspannungen überlagert. Er leistet 3600 kVA dauernd bei einem Einphasen-Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0{,}7$, 4000 kVA für ½ Stunde und 6000 kVA für 1 min. Seit Dezember 1936 ist der Umrichter ununterbrochen in Betrieb und hat die in ihm gesetzten Erwartungen hinsichtlich eines guten Wirkungsgrades, kleiner Leerlaufverluste, der steten Betriebsbereitschaft voll befriedigt. Sein Wirkungsgrad beträgt bei Vollast 0,9 bis 0,93. Selbstverständlich sind bei einer Anlage mit vollständig neuen Elementen anfangs verschiedene Kinderkrankheiten zu überwinden. In verhältnismäßig kurzer Zeit konnten diese jedoch behoben werden, die Rückwirkungen auf das Drehstromnetz waren ohne Bedeutung. Die Störungen im Fernsprechbetrieb wurden durch Glättungseinrichtungen und symmetrische Anordnung der Leiter beseitigt, auch der Rundfunkempfang ist nunmehr durchaus zufriedenstellend. Die Steuereinrichtung arbeitet einwandfrei, so daß der Umrichter in Basel alle Anforderungen an Einfachheit und Betriebssicherheit erfüllt.

Die Umrichteranlage im Unterwerk Pforzheim erzeugt aus 110 kV-Drehstrom 110 kV-Einphasenstrom 16⅔ Hz. Die Dauerleistung des Umrichters, der elastisch arbeitet, beträgt 4000 kVA. Auch hier mußte bei der Neuartigkeit der Aufgabenstellung große Entwicklungsarbeit geleistet werden, die aber jetzt als abgeschlossen gelten kann. Der Umrichter arbeitet zur Zeit mit voller Leistung und ununterbrochen auf die großen 110 kV-Einphasen-Sammelschienen.

Schließlich sei noch erwähnt, daß im Unterwerk Nürnberg ein Umrichter für eine Dauerleistung von 3750 kVA aufgestellt wird und in diesem Jahr noch in Betrieb kommt. Er wurde entwickelt auf Grund der wohlgelungenen Großversuche im Saalachkraftwerk, bei denen die Versuchsumrichter bei Parallelarbeit im elastischen Betrieb voll entsprochen haben.

Der Verbrauch an elektrischer Arbeit für die Zugförderung beträgt bei der Deutschen Reichsbahn heute rd. 1,1 Mrd kWh im Jahr. Der Verbrauch in den Fernstrecken beträgt im Durchschnitt 235 000 kWh/km und in den Stadt- und Vorortnetzen rd. 1 215 000 kWh/km, der Verbrauch in Wh/Tflt km*) auf den Fernstrecken rd. 26 Wh und in den Stadt- und Vorortnetzen rd. 57,2 Wh.

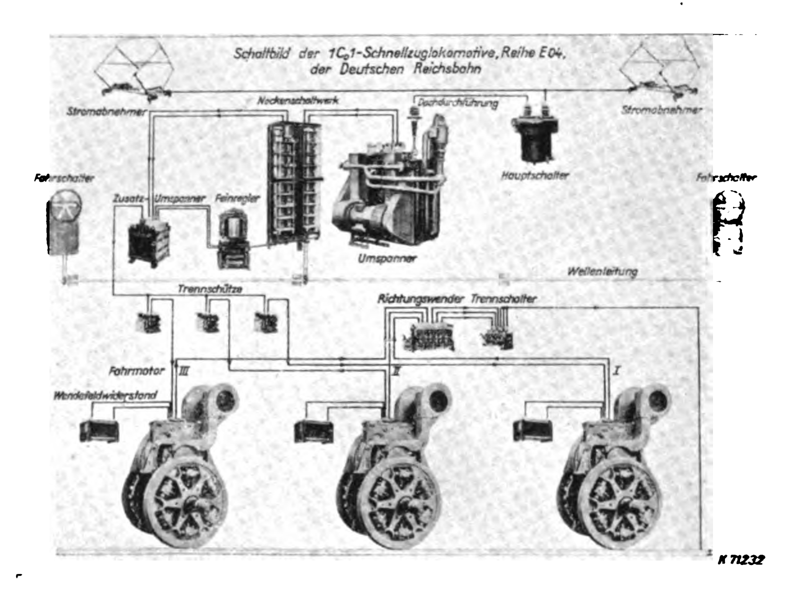


Abb. 5. Anordnung der elektrischen Ausrüstung bei der Lok. Reihe E 04.

Von den Kraftwerken aus wird die Energie durch Fernleitungen an die Unterwerke herangebracht, die möglichst im Schwerpunkt des Verkehrs errichtet wurden. Die Übertragungsspannungen betragen in den älteren Netzen von Mitteldeutschland 60 kV, im schlesischen Netz 80 kV, in dem Netz der Ostmark 55 kV, im süddeutschen Netz mit seinem neuen Anschluß nach Mitteldeutschland 110 kV. Durch die Elektrisierung Nürnberg – Halle mit seiner späteren Fortsetzung nach Berlin, ferner durch Anschluß der Ostmark an das süddeutsche Netz ist ein Großverteilungsnetz der Reichsbahn entstanden, das gekennzeichnet ist durch eine Sammelschiene von Attnang-Puchheim über Innsbruck Arlberg bis Feldkirch, eine Sammelschiene von Attnang-Puchheim über München bis Stuttgart – Pforzheim und eine weitere Sammelschiene von Pasing – Landshut über Nürnberg bis Muldenstein, alle zusammen in einer Gesamtlänge von rd. 1900 km. Es ist selbstverständlich, daß die bisherigen kleineren Netze jedes für sich unter einer einheitlichen Leitung hinsichtlich Energielieferung und Energieverteilung standen. Durch die Zusammenfassung der Netze ist diese einheitliche Leitung in besonderem Maße notwendig geworden, da die Zahl der liefernden Kraftwerke erheblich zugenommen hat und die Eigenart der Werke (Wasserlaufwerke, Wasserspitzenwerke) vielfach besondere Aufgaben für die Energieversorgung stellt. Um allen Bedürfnissen des Bahnbetriebs gerecht zu werden und eine möglichst wirtschaftliche Energieverteilung sicherzustellen, hat daher das Reichsverkehrsministerium eine oberste Leitung der Kraftwerke mit dem Sitz in Innsbruck gegründet.

Die bei der Deutschen Reichsbahn gegenwärtig vorhandenen Unterwerke haben eine Spitzenleistung von rd. 400 000 kVA. Gerade auf dem Gebiet der Unterwerke haben sich im Laufe der letzten Jahre große Wandlungen vom umbauten Unterwerk zum Freiluftunterwerk vollzogen, das jetzt die Regelausführung bedeutet. Nur kurz seien die fahrbaren Unterwerke erwähnt, die im An-

[4]) J. Schmitt, ETZ 55 (1934) S. 65. J. Schmitt u. E. Kilb, Elektr. Bahnen 17 (1937) S. 191. Bericht ETZ 59 (1938) S. 175.

*) Tflt km bedeutet: Triebfahrzeug-Leistungstonnen-Kilometer.

Digitized by Google

schluß an die Hochspannungsfernleitung da eingesetzt werden können, wo gerade ein besonderes Bedürfnis besteht (wie z. B. bei Turnfesten, großen Aufmärschen usw.).

Das letzte Glied der Energie-Übertragungsanlagen bilden die Fahrleitungen. Auf diesem Gebiet mußte eine ungeheure Entwicklungsarbeit geleistet werden, die bei den stetig steigenden Anforderungen auch heute noch nicht abgeschlossen ist. Die Aufgabe ist dadurch gekennzeichnet, daß größte Leistungen bei höchsten Geschwindigkeiten anstandslos vom Fahrzeug dem Fahrdraht entnommen werden müssen. Die Deutsche Reichsbahn besitzt heute Fahrzeuge mit Spitzenleistungen bis zu 5900 kW (E 19) und will, soweit es die örtlichen Verhältnisse erlauben, die Geschwindigkeiten bis zu 180 km/h steigern. Die Fahrleitungen sollen diese Aufgaben erfüllen bei Temperaturen von — 30 ° bis + 40 °, ihre Lage soll sich trotz dieser großen Temperaturdifferenzen gegenüber dem Gleis möglichst wenig verändern. Auch bei Wind bis zur Orkanstärke 11 soll die Fahrleitung in gleich sicherer Weise befahren werden können. Eine große Entwicklungsarbeit war auch hinsichtlich der beim Fahrleitungsbau verwendeten Isolatoren notwendig, um bei möglichst wenig Gewicht die nötige elektrische und mechanische Sicherheit zu erzielen und auch den Forderungen des ungestörten Rundfunkempfangs gerecht zu werden. Hand in Hand mit diesen Aufgaben mußte auch die Entwicklung geeigneter Schalteinrichtungen gehen, die jeder einzelnen Station das Auftrennen und Unterteilen der Fahrleitungsabschnitte erlaubt. Besonderes Interesse verdienen hier die selbsttätigen Schaltstellen, die an der Grenze der Unterwerksbezirke die zusammengeschalteten Fahrleitungen bei Störungen selbsttätig auftrennen und wieder zusammenschalten. Zu allen diesen Fragen kamen in letzter Zeit die Arbeiten, im Rahmen des Vierjahresplanes weitgehend Heimstoffe zu verwenden, Fragen, die heute noch in vollem Fluß sind. Die Länge der mit Fahrleitungen ausgerüsteten Gleise beträgt im Altreich heute rd. 6000 km, dazu kommen noch etwa 1800 km der Ostmark. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit war die Deutsche Reichsbahn von Anfang an bestrebt, auf Grund der gewonnenen Betriebserfahrungen sämtliche Teile des Fahrleitungsbaues weitgehend zu vereinfachen; sie hat deshalb schon im Jahre 1927 besondere Errichtungsvorschriften für den Bau der Fahrleitungen ausgearbeitet. Das für die Unterhaltung der Fahrleitungen im Altreich eingesetzte Personal hat heute eine Stärke von rd. 1000 Mann.

Fahrzeuge.

Im Rahmen der elektrischen Zugförderung nimmt selbstverständlich die Beschaffung der elektrischen Fahrzeuge eine ausschlaggebende Rolle ein. Diese bedeutsame Rolle ist bedingt zunächst durch den für die Fahrzeuge notwendigen großen Kapitalaufwand. Für die Elektrisierung Nürnberg – Halle erfordern z. B. die Fahrzeuge rd. 45 % des gesamten Aufwandes. Darüber hinaus sind, wie wir bereits gehört haben, die Fahrzeuge die Hauptträger der Wirtschaftlichkeit. Auf dem Gebiet des Fahrzeugbaues ist der große Fortschritt der elektrischen Zugförderung während der beiden letzten Jahrzehnte am augenfälligsten zu beobachten. Zunächst wurde der Stangenantrieb für die Übertragung des Motordrehmoments auf die Triebräder angewandt. Diese Bauart hatte ihren guten Grund, denn Einzelachsantriebe, die den hohen Anforderungen des Lokomotivbetriebes gewachsen waren, standen anfangs nicht zur Verfügung, und so wurden denn vom Bau der Dampflokomotive möglichst viele bewährte Teile für den Wagenteil der elektrischen Lokomotiven übernommen. Trotz mancher Rückschläge wurden gleichwohl in zäher Kleinarbeit Lokomotivbauarten herausgebracht, die auch heute noch Beachtung verdienen; noch heute befinden sich Lokomotiven der Achsfolge 2'D1' und 2'C2' im Betrieb, die mit nur einem Motor von rd. 2200 kW (Bauart Paul Müller) ausgestattet sind, der das Drehmoment mit Hilfe eines Dreieck-Stangenantriebs, Blindwelle und Kuppelstangen auf die Triebräder überträgt. Auch an die in Süddeutschland in größerer Zahl verwendete Personenzuglokomotive Achsfolge 2'BB2' sei hier kurz erinnert. Der Frage des Einzelachsantriebs wurde jedoch bereits zu gleicher Zeit, als diese Lokomotiven entwickelt wurden, größte Aufmerksamkeit zugewandt, denn es wurde damals bereits klar erkannt, daß nur mit dem Einzelachsantrieb Fahrzeuge gebaut werden können, die allen Bedürfnissen hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Geschwindigkeit entsprechen.

Abb. 6. E 18 Lokomotiv-Führerstand.

Als erste Lokomotive mit größerer Leistung und Einzelachsantrieb wurde die Buchli-Lokomotive eingeführt, die dann bald einen scharfen Konkurrenten in der Schnellzuglokomotive Reihe E 17 mit Einzelachsantrieb (Bauart AEG-Kleinow) erhielt. Für Lokomotiven bis zu 90 km/h Geschwindigkeit konnte schließlich der Tatzenlagermotor soweit entwickelt werden, daß er ebenfalls den höchsten Leistungsanforderungen gerecht wurde. So sehen wir denn, daß die Deutsche Reichsbahn seit dem Jahr 1927 für die raschlaufenden Lokomotiven über 90 km/h und seit dem Jahre 1930 auch für die langsam laufenden Lokomotiven bis zu 90 km/h nur mehr Fahrzeuge mit Einzelachsantrieb beschafft. Weiterhin war die Reichsbahn bestrebt, einige wenige Lokomotivgattungen zu schaffen, mit denen sämtliche betriebliche Anforderungen erfüllt werden können. Dieser Wunsch kann heute als erfüllt angesehen werden.

So beschafft die Deutsche Reichsbahn nur mehr

1 Lokomotivgattung Reihe E 18 für Geschwindigkeiten bis zu 150 km/h,

1 Lokomotivgattung Reihe E 44 für Personenzüge und leichte Güterzüge für Geschwindigkeiten bis zu 90 km/h,

1 Lokomotivgattung Reihe E 94 für schwere Güterzüge für Geschwindigkeiten bis zu 90 km/h.

Lokomotive E 18.

Die Schnellzuglokomotive E 18 ist in der Achsfolge 1' Do 1' gebaut, wobei die Laufachsen an den beiden Enden mit den jeweils nachfolgenden Triebachsen zu je einem

Digitized by Google

Krauß-Helmholtz-Drehgestell zusammengefaßt sind. Der Rahmen ist völlig geschweißt; hierbei beträgt die Stärke der Rahmenbleche 26 mm, die der Querverbindungen 13 und 16 mm.

Durch die Schweißung konnte eine Gewichtserspa. nis des Rahmens von 19,5 % erzielt werden. Die gesamte Länge aller Schweißnähte beträgt 940 m. Anfangs erschien es als Wagnis, derart schwere Lokomotiven in Schweißkonstruktion herzustellen. Die bei der Konstruktion angewendeten Baugrundsätze haben sich jedoch derart bewährt, daß die Schweißkonstruktionen der elektrischen Lokomotiven richtunggebend wurden für die Verwendung von Schweißungen im Fahrzeugbau überhaupt. Auch bei wiederholt vorgekommenen schweren betrieblichen Beanspruchungen, Entgleisungen, Zusammenstößen haben sich die Schweißkonstruktionen restlos bewährt, so daß heute bei den elektrischen Fahrzeugen, wo immer nur möglich, die Schweißkonstruktionen vorgezogen werden. Jede Triebachse hat einen im Rahmen festgelagerten Antriebsmotor, der über eine Hohlwelle und über den bekannten AEG-Kleinow-Antrieb das Drehmoment auf die Triebräder überträgt. Einen Überblick über die Anordnung der elektrischen Ausrüstung ersehen wir aus der Abb. 5, die zwar von der leichten Schnellzuglokomotive E 04, der Vorläuferin der E 18, stammt, die aber hinsichtlich ihres schematischen Aufbaues auch für die E 18-Lokomotive gilt. Bemerkenswert ist hier vor allem auch die Steuerung, die sogenannte Feinregler-Steuerung, die nunmehr derart vervollkommnet ist, daß sie bei allen neuen Lokomotivtypen verwendet wird. Stetige Zugkraftänderung, leichte Bedienung, geringe Unterhaltung sind die Hauptvorzüge dieser Einheitssteuerung. Ein Blick in den Führerstand (Abb. 6) der Lokomotive zeigt die übersichtliche Anordnung aller Instrumente. Die Lokomotive (Abb. 7) hat, wie bereits erwähnt, eine Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h und eine Stundenleistung von 3180 kW, die bei Anfahrten oder in Steigungsstrecken bis zu 4550 kW gesteigert werden kann. Mit besonderer Sorgfalt müssen bei diesen schnellaufenden Lokomotiven die Druckluftbremsen ausgeführt sein, um innerhalb der vorhandenen Signalabstände aus der höchsten Geschwindigkeit zum Halten zu kommen. Die Triebräder werden daher bei dieser Lokomotive mit 180 % des Achsdruckes, die voraus laufende Laufachse mit 50 %, die nachfolgende Laufachse mit 80 % des Achsdruckes abgebremst. Um bei geringen Geschwindigkeiten ein Gleiten der Räder zu vermeiden, wird über besondere Regler bei Geschwindigkeiten unterhalb 60 km/h die Abbremsung auf 80 % abgemindert. Die Lokomotive hat sich durch ihre gediegene Bauart, ihre universelle Verwendung und ihre geringen Unterhaltungskosten, die je 1000 Lok-km nur rd. 130 RM betragen, außergewöhnlich gut im Betrieb eingeführt.

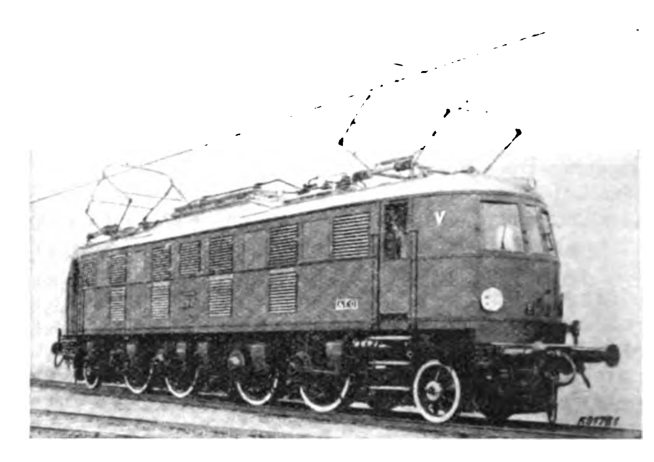


Abb. 7. E 18 Lokomotiv-Gesamtansicht.

(Schluß folgt.)

Die Post-Untergrundbahn im Bahnhof Zürich.

DK 625.422

A. Bratschi[1]) bringt eine ausführliche Abhandlung über grundsätzliche Anordnung und technische Einzelheiten der im Dezember 1938 in Dienst gestellten Post-Untergrundbahn in Zürich. Die etwa 340 m lange Anlage verbindet das in den Jahren 1927 bis 1929 erbaute Sihlpost-Gebäude mit der neuen Poststelle im Hauptbahnhof und dient zur Beförderung von Postgut in beiden Richtungen. Die Anlage ist zunächst eingleisig gebaut und wird im Pendelverkehr betrieben; sie kann jedoch jederzeit bei Bedarf für Richtungsverkehr auf 2 Gleise erweitert werden. Die Spurweite der Gleisanlage beträgt 0,6 m, der kleinste Krümmungsradius der Kurven 20 m. Zwischen den beiden Gleisen befinden sich die Stromschienen. Der für die Unterbringung von 2 Gleisen ausgebaute, 1,30 m hohe Tunnel ist in der Mitte auf einer Breite von 0,5 m und in einer Tiefe von 0,5 m ausgeschachtet, so daß er bequem begehbar ist, wenn sich auf der freien Strecke eine Störung an der Anlage zeigen sollte. Als Beförderungsmittel dient ein Motorwagen, der zur Aufnahme von Einsatzkarren hergerichtet ist. Die Einsatzkarren nehmen Postgut im Höchstgewicht von 250 kg auf. Die Beförderungszeit zwischen den beiden Dienststellen beträgt etwa 2½ min; in dieser Zeit ist die Beförderungsdauer enthalten, die auf die Benutzung des Bahnhofaufzugs entfällt. Zur Erzielung von niedrigen Anfangs- und Endgeschwindigkeiten (d. h. bei der Abfahrt und Ankunft) ist der führerlos fahrende Motorwagen mit einem Motor (Leistung 740 W) für kleine Geschwindigkeit (etwa 0,3 m/s) ausgestattet; ein zweiter Motor (Leistung 2,5 kW) für große Geschwindigkeit (etwa 4,4 m/s) arbeitet auf der freien Strecke. Die Ein- und Ausschaltung der beiden Motoren geschieht selbsttätig in der Weise, daß auf kurzen zusätzlichen Auflaufschienen, die sich in jeder Sende- und Empfangsstelle befinden, die Rolle für den Geschwindigkeitsumschalter des Motorwagens aufläuft.

Schaltungstechnisch ist die Anlage so ausgebildet, daß jede der beiden Dienststellen den Motorwagen sowohl absenden als auch holen kann. Durch Besetztzeichen wird zu erkennen gegeben, wenn der Wagen bedient wird. Für den Notfall kann die gesamte Anlage ausgeschaltet werden. Etwaige Störungen werden durch Aufleuchten entsprechender Hinweisschilder gemeldet. Fährt der beladene Wagen in die Empfangsstelle ein, werden sowohl durch ein akustisches als auch durch ein optisches Zeichen die Aufforderung „Ausladen" angekündigt. Durch Druckknopfbetätigung werden diese Befehlszeichen abgestellt. In der Dienststelle im Bahnhof geschieht dies selbsttätig und zwar dann, wenn die Tür des zur Beförderung des Wagens in das Erdgeschoß dienenden Aufzugs geöffnet wird.

Neben diesen technischen Angaben bringt der Verfasser noch eine eingehende Beschreibung und Schaltung des Motorwagens und eine Schilderung der Vorgänge beim Be- und Entladen, bei der Abfahrt und der Ankunft und während der Fahrt des Motorwagens. Zeichnerische Darstellungen und Abbildungen der wichtigsten Teile sowohl der Gesamtanlage als auch einzelner Geräte ergänzen die allgemeinverständlichen Ausführungen des Verfassers. Als Gesamturteil gibt der Verfasser an, daß die Anlage betriebssicher arbeite und die in sie gesetzten Erwartungen erfülle. Vor allem trage sie zu einer beschleunigten Abwicklung der Dienstgeschäfte insofern wesentlich bei, als seit ihrer Benutzung kein Karren- und Kraftwagenverkehr mehr über die stark belasteten Straßen und Bahnsteige erforderlich ist.

Hde.

[1]) A. Bratschi, Schweiz. Bau-Ztg. 113 (1939) S. 136.

Digitized by Google

Korrosionserscheinungen in der elektrochemischen Industrie.

Von K. Arndt VDE, Berlin.

DK 621.35 : 620.191

Übersicht. Die Bekämpfung der Korrosion in der Alkalichloridelektrolyse, der Galvanotechnik und der Wasserzersetzung, wird geschildert; es wird ferner gezeigt, wie sogar Platin korrodiert wird und welche wichtige Rolle die Korrosion des Zinks bei den galvanischen Elementen und der Angriff der positiven Gitter im Bleisammler spielt. Schließlich wird die Gefährdung der Kontakte zwischen Metall und Kohle, sowie die Verringerung des Verbrauches an Elektrodenkohle besprochen.

Zu den zerstörenden Einflüssen von Luftsauerstoff und Feuchtigkeit treten in der elektrochemischen Industrie eigene Gefährdungen hinzu, etwa das Entstehen schädlicher Gase wie Chlor und elektrolytische Anfressungen durch abirrende Ströme.

Völlig trockenes Chlor, wie es bei der Magnesiumgewinnung (Elektrolyse von geschmolzenem Chlorid) an der Anode entsteht, greift auch Eisen bei gewöhnlicher Temperatur nicht an; feuchtes Chlor dagegen, welches bei der Elektrolyse wäßriger Kochsalzlösung erhalten wird, wirkt heftig ein. Man kleidet deshalb bei der Alkalichloridelektrolyse die eisernen Badgefäße mit widerstehendem keramischem Werkstoff aus, leitet das Chlor durch Steinzeugrohre ab und trocknet es mit Schwefelsäure, bevor man es verflüssigt und in eisernen Tankwagen verschickt. Für die Stromanschlüsse ist Kupfer unentbehrlich; schwierige Stellen sind bei jenen Bädern die Anschlüsse am Kopf der Graphitanoden. In den Poren der Kohle emporsteigender Elektrolyt würde das Kupfer anfressen und den Kontakt zerstören; man tränkt deshalb die Anodenköpfe mit einem nicht chlorierbaren Asphalt und umgießt den Kontakt mit Blei, damit der Übergangswiderstand möglichst gering ist.

Aus starkem Stahlblech geschweißte Wannen verwendet man auch in der Galvanotechnik heute oft für große Bäder anstatt der aus Pitchpine- oder Lärchenholz gefügten Wannen. Gegen mäßig saure oder alkalische Bäder wird das Eisen durch geeignete Emaille oder einfach durch einen widerstandsfähigen Anstrich geschützt. Für das Vernickeln verbleit man gern die Wannen; aber das Bleifutter kann durch den elektrischen Strom angefressen werden, wenn ihm der Umweg von der Anode zur Ware, z. B. einer tief herabhängenden Fahrradlenkstange[1]), über den verbleiten Boden bequem ist; dann wirkt der Boden als Mittelleiter: zunächst der Anode scheidet der Strom auf ihm Nickel ab und zunächst der an der Kathodenstange hängenden Ware oxydiert er anodisch das Blei. Abgesehen davon, daß hierdurch schlammiges Bleisuperoxyd entsteht, welches das sehr empfindliche Nickelbad verschmutzt, kann dieser heimtückische Angriff zu Undichtigkeiten führen. Heute kleidet man deshalb lieber mit dem nichtleitenden Hartgummi aus und belegt den Boden außerdem mit Matten aus Weichgummi, damit nicht versehentlich herabfallende schwere Werkstücke die Hartgummiauskleidung durchstoßen. Für die heißen Chromsäurebäder legt man die Eisenwannen mit säurefesten Fliesen oder mit Drahtglas oder mit Hartblei aus. Die Hartbleiauskleidung soll nach einem Vorschlage von Pfanhauser wöchentlich einige Stunden anodisch mit starkem Strom behandelt werden, um sie mit einer Schutzhaut von Bleisuperoxyd zu überziehen, welche von der Chromsäure kaum angegriffen wird.

[1]) Heizschlangen können ebenfalls den Strom zu diesem Umweg verleiten.

Für die Wasserzersetzer, welche gewaltige Mengen Wasserstoff für die Ammoniaksynthese und die Fetthärtung liefern, ist Eisen der gegebene Baustoff, weil es dem Elektrolyten Kali- oder Natronlauge widersteht, aber nur wenn er frei von Chlorid ist. Immerhin ist es nötig, die Eisenanoden durch starke Vernickelung vor Korrosion zu schützen und die eisernen Rahmen auf der Innenseite mit Zement abzudecken und die Rohrleitungen z. B. mit Eternit auszukleiden, um Anfressungen zu verhindern, die unter Umständen an ungünstigen Stellen ein Rohr durchlöchern können. Solche Stellen verschulden dies manchmal durch ein schlechtes Gefüge infolge falscher Vorbehandlung. Ein beim Walzen mißhandeltes Metall rächt sich durch geringere chemische Widerstandsfähigkeit.

Auch Platin, das trotz seines hohen Preises als Elektrodenwerkstoff bei Verfahren, die eine sehr hohe Überspannung erfordern, z. B. bei der Perboratgewinnung, unentbehrlich ist, und wegen seiner hohen Belastbarkeit mit Strom beim Quecksilberverfahren der Chloralkalielektrolyse als Anode (in Form von Drahtnetzen) benutzt wird, ist nicht vollkommen gegen Korrosion gefeit. Beträgt der Verlust im Laufe eines Jahres auch nur einige Gramm, so macht er sich doch fühlbar. Ganz reines Platin wird stärker angegriffen als „technisches" Platin oder mit Iridium legiertes.

Bei den galvanischen Elementen müssen zur Lieferung von 1 Ah 1¼g Zink verbraucht werden. Stets wird mehr verbraucht, weil auch im ruhenden Element chemische Umsetzungen verlaufen. Die besondere Kunst der Fabrikation besteht darin, durch Verwendung guter Rohstoffe und durch größte Sorgfalt bei der Arbeit jene Verluste möglichst einzudämmen, und damit auch die Lagerfähigkeit zu sichern. Jene unerwünschte Umsetzung wird durch einen zu großen Zusatz von Kunstbraunstein beschleunigt, welcher viel rascher arbeitet als der derbere Naturbraunstein. Verunreinigungen der Rohstoffe (Braunstein, Graphit, Salmiak) durch schädliche Mengen von löslichem Eisen, Kupfer, Nickel wirken im gleichen Sinne. Der Luftsauerstoff, welcher am Kohlepol bei langsamer Entladung, z. B. in der Anodenbatterie, als Depolarisator erwünschte Hilfe leistet und in großen mäßig belasteten Elementen sogar den Braunstein ersetzen kann, ist sehr gefährlich, wenn er durch Fehlstellen im Verguß zum Zinkpol gelangt, indem er in das dünne Blech Löcher frißt, durch welche Elektrolytpaste herausquillt, mit benachbarten Elementen Schluß gibt und die ganze Batterie verdirbt.

Bei den Bleiakkumulatoren wird das die aktive Masse tragende Gitter in den positiven Platten schließlich auch durchoxydiert, wenn die Masse abbröckelt. Je dünner die Gitter sind und je stärker die Batterie beansprucht wird, um so früher tritt der Zerfall ein. Nachlässige Wartung beschleunigt ihn. Starterbatterien leiden manchmal sehr unter der Unkenntnis des Fahrers. Wichtig ist es auch, die positiven Polverbindungen gegen Korrosion zu schützen, indem man emporkletternder Säure durch eine Schicht geeigneten Fettes den Weg verlegt.

Bei den elektrochemischen und elektrothermischen Verfahren, welche hohe Temperaturen erfordern, z. B. Aluminiumgewinnung und die Karbiderzeugung, begünstigt die Glühhitze die Oxydation der Eisenteile, welche den Strom auf die Kohlenelektroden überleiten. Die eisernen Nippel, welche in die Köpfe der Anoden-

Digitized by Google

kohlen eingeschraubt oder eingekeilt sind, können erglühen, wenn der Übergangswiderstand zu hoch ist, und sogar abschmelzen. Die besondere Schwierigkeit liegt hier darin, daß die spröde Kohle ein so festes Verschrauben wie Metalle nicht verträgt, ohne zu zerspringen.

Bei den Lichtbogenöfen werden die gußeisernen Fassungen, die den schweren Kohleblöcken (sie wiegen einzeln z. B. über 700 kg) den Strom zuführen, viel höher belastet als bei den Aluminiumbädern. Sorgfältiges Zusammenpassen der Kontaktflächen und richtige Führung des Kühlwassers innerhalb der hohlen Fassungen ist notwendig, damit sie nicht zu heiß werden und „verschmoren". Während die Umpanzerung der Öfen für Karbid und Ferrosilizium viele Jahre aushält, bis sie durch die sich dehnende Ausmauerung zu stark ausgebeult ist, leiden bei der Gewinung von Elektrokorund (durch Schmelzen von Bauxit) die Eisenblechmäntel stark unter der Glut, trotzdem sie ständig mit Wasser berieselt werden; hier wird viel Eisen verbraucht[2]).

Für die Wirtschaftlichkeit vieler elektrochemischer Betriebe spielt der Verbrauch an Elektrodenkohle eine wichtige Rolle. Bei der Aluminiumerzeugung arbeitet die Anodenkohle in der Reduktion von Aluminiumoxyd zu Aluminium zwangsläufig mit. Theoretisch werden, wenn sich die Kohle mit dem Sauerstoff zu Kohlenoxyd CO verbindet, je kg Aluminium ⅔ kg Anodenkohle verbraucht; das Kohlenoxyd verbrennt danach mit blauen Flämmchen zu Kohlendioxyd CO_2. Die unmittelbare Oxydation zu CO_2 würde den elektrochemisch notwendigen Verbrauch auf ⅓ kg senken. Tatsächlich kommt man heute bei bester Elektrodenkohle und geschickter Behandlung der Bäder mit wenig mehr als 0,5 kg aus.

In den Karbidöfen soll nicht die Elektrodenkohle, sondern der dem Kalk beigemengte viel billigere Koks das Karbid bilden; ganz läßt sich dies nicht durchführen. Vor Abbrand an der Luft wird oberhalb des Herdes die Elektrode durch eine aufgetragene Paste geschützt. Vor 25 Jahren verbrauchte man 40 bis 60 kg Elektrodenkohle je t gewonnenes Kalziumkarbid, heute nur etwa 20 kg.

In der Chloralkalielektrolyse würde die nur im Gasofen gebrannte Elektrodenkohle anodisch zu rasch abgefressen werden; man hat sie durch die im elektrischen Widerstandsofen bei mehr als 2200° „graphitierte" Kohle ersetzt. Auch diese wird durch die Elektrolyse langsam aufgezehrt, weil sogar der Graphit allmählich korrodiert wird. Jedoch braucht eine gut graphitierte Anodenplatte z. B. in der Billiterzelle etwa erst nach vier Jahren ausgewechselt zu werden. Selbst hier spielt für den Widerstand gegen Korrosion neben der chemischen Zusammensetzung das günstige Gefüge eine wesentliche Rolle.

Zusammenfassung.

In der elektrochemischen und elektrothermischen Industrie wird Eisen als Baustoff viel verwendet; es muß hier besonders durch geeignete Umkleidung vor Korrosion geschützt werden. Das gleiche gilt für die Kontakte zwischen Kupfer und Elektrodenkohle und für die Kohleelektroden selber. Langjährige Erfahrungen haben die Verluste sehr verringert und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Betriebe nicht unwesentlich verbessert. Auch bei den galvanischen Elementen und den Akkumulatoren hat man durch Verhüten unnötigen Verschleißes die Lebensdauer bedeutend erhöht.

[2]) Das den Hauptbestandteil des Bauxits bildende Aluminiumoxyd schmilzt erst bei etwa 1900° und verdampft bei 2000° heftig. Man erschmilzt deshalb Blöcke, hebt zum Schluß den kegelförmigen Mantel ab und zerkleinert nachher die kristallinische Masse, welche ein viel begehrtes Schleifmittel gibt.

Die Dämpfung elektrischer Meßgeräte nach den neuen VDE 0410/X 38, Regeln für Meßgeräte.

(Mitteilung aus der Meßinstrumenten-Abteilung der Siemens & Halske AG.)

Von Ludwig Merz VDE, Berlin.

DK 621.317.7.085.1

Übersicht. Die Neufassung der Regeln für Meßgeräte[1]) hat eine Änderung der bisherigen Bestimmungen über die Dämpfung elektrischer Meßgeräte gebracht. Die Arbeit behandelt die Auswirkung der neuen Vorschriften auf die Kenngrößen des Einschwingvorganges, auf die Zahl der halben Überschwingungen, den Dämpfungsgrad und die Eigenschwingungsdauer.

Die am 1. Oktober 1938 in Kraft getretene Neufassung der Regeln für Meßgeräte gibt die folgenden Bestimmungen über die Dämpfung:

a) Die erste Überschwingung, die der auf Null oder am Skalenanfang stehende Zeiger beim Einschalten einer zwei Drittel des Meßbereiches entsprechenden Meßgröße ausführt, darf 30 % seiner endgültigen Einstellung (bezogen auf Skalenteile) nicht überschreiten.

b) Die Beruhigungszeit, d. h. die Zeit, die der Zeiger beim Einschalten der Meßgröße gemäß a) braucht, bis er sich seiner Schwingung von seiner endgültigen Einstellung nicht weiter als 1,5 % dieses Wertes in Skalenteilen entfernt, darf 4 s nicht überschreiten.

Diese Bestimmungen sind an die Stelle der Vorschrift aus dem Jahre 1923 getreten, welche für die erste Überschwingung keine Grenzen festlegte und die Beruhigungszeit auf eine Toleranz von ± 1 % bezog.

Nach den Regeln wird der Dämpfungszustand durch die leicht meßbare Angabe der ersten Überschwingung und der Beruhigungszeit gekennzeichnet. Diesen technischen Angaben stehen gegenüber physikalische Kennziffern, die besonders für die Berechnung von Drehspulgeräten wichtig sind: Dämpfungsgrad und Eigenschwingungsdauer. Der Zusammenhang zwischen den technischen und physikalischen Kenngrößen soll untersucht werden. Die Ausführungen beschränken sich dabei auf den praktisch wichtigsten und allgemein lösbaren Fall des linearen Einschwingvorgangs. Wir finden diesen Fall streng verwirklicht bei den meisten Drehspulinstrumenten und bei den einfachen elektrodynamischen Meßgeräten. Der lineare Einschwingvorgang ist dadurch ausgezeichnet, daß die prozentuale Überschwingung unabhängig ist vom Skalenpunkt und der Größe der Auslenkung. Er gehorcht der linearen Differentialgleichung:

$$\Theta \frac{d^2\gamma}{dt^2} + p \frac{d\gamma}{dt} + D\gamma = D\alpha. \qquad (1)$$

Zur Zeit $t = 0$ wird ein Meßwert, der dem Ausschlag α entspricht, eingeschaltet; es bedeuten: Θ das Trägheitsmoment des beweglichen Organs, p den Dämpfungsfaktor, D das Richtmoment der Federn und γ den Ausschlag.

Zöllich [2]) hat gezeigt, daß der Einschwingvorgang bestimmt wird vom Dämpfungsgrad α und der Kreisfrequenz der ungedämpften Eigenschwingung ω.

$$\alpha = \frac{p}{\sqrt{4\Theta D}} \qquad (2)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{D}{\Theta}}. \qquad (3)$$

[1]) ETZ 59 (1938) S. 481 und 1211; N. Lieber, Zur Neubearbeitung der VDE-Regeln für Meßgeräte, ETZ 59 (1938) S. 1209.

[2]) Zöllich, Prüfung von Meßgeräten, Wiss. Veröff. Siemens-Werke 2 (1922) S. 24.

Digitized by Google

Der Dämpfungsgrad beschreibt vollständig den Dämpfungszustand. Ist $\alpha < 1$, so verläuft der Einschwingvorgang periodisch; ist $\alpha > 1$, so verläuft er aperiodisch; $\alpha = 1$ gilt für den aperiodischen Grenzfall.

Die VDE-Regeln bestimmen für das technische Meßgerät eine erste Überschwingung von 30 % und eine Beruhigungszeit von 4 s als zulässige Höchstwerte; welche Grenzen ergeben sich damit für die physikalischen Kenngrößen?

Zöllich hat nun auch gezeigt, daß es gelingt, durch Einführung eines dimensionslosen Zeitmaßstabes die Gleichung (1) so weit zu vereinfachen, daß sich übersichtliche Lösungen darstellen lassen. Dieser Zeitmaßstab lautet:

$$\tau = \omega_0 t, \qquad (4)$$

und seine Einführung in Gl. (1) gibt die einfache Beziehung:

$$\frac{d^2\gamma}{d\tau^2} + 2\alpha\frac{d\gamma}{d\tau} + \gamma = \alpha, \qquad (5)$$

deren Lösung sich folgendermaßen darstellt:

Für $\alpha < 1$:

$$\frac{\gamma}{\alpha} = 1 - e^{-\alpha\tau}\sin\left(\sqrt{1-\alpha^2}\,\tau + \arcsin\sqrt{1-\alpha^2}\right)\frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}}. \qquad (6)$$

Für $\alpha = 1$:

$$\frac{\gamma}{\alpha} = 1 - e^{-\tau}(1+\tau). \qquad (7)$$

Und für $\alpha > 1$:

$$\frac{\gamma}{\alpha} = 1 - e^{-\alpha\tau}\left(\operatorname{Cof}\sqrt{\alpha^2-1}\,\tau + \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2-1}}\operatorname{Sin}\sqrt{\alpha^2-1}\,\tau\right). \qquad (8)$$

1. Überschwingung und Dämpfungsgrad.

Der Zusammenhang zwischen der ersten Überschwingung und dem Dämpfungsgrad ist bekannt. Das gebräuchlichste Verfahren zur Bestimmung des Dämpfungsgrades führt sogar über die Höhe der ersten Überschwingung. Dazu muß man den ersten Umkehrpunkt der Gleichung (6) aufsuchen, was durch einfaches Differenzieren leicht geschieht. Man gelangt dann zu der folgenden Gleichung, welche den Dämpfungsgrad α aus der Überschwingung $\ddot{u}$ leicht errechnen läßt. Die Höhe der ersten Überschwingung ist dabei in % des Ausschlagwinkels a einzusetzen.

$$\alpha = \frac{\ln\frac{100}{\ddot{u}}}{\sqrt{\pi^2 + \left(\ln\frac{100}{\ddot{u}}\right)^2}}. \qquad (9)$$

Der Verlauf des Dämpfungsgrades als Funktion der Höhe der ersten Überschwingung ist in Abb. 1 dargestellt. Es erhebt sich sofort die Frage, welcher Dämpfungsgrad nach den Regeln noch zulässig ist. Diese Frage ist an Hand der Abb. 1 leicht zu beantworten: **Der kleinste zulässige Dämpfungsgrad für elektrische Meßgeräte beträgt $\alpha = 0{,}36$.**

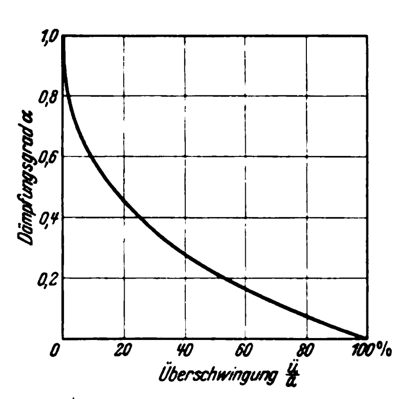


Abb. 1. Verlauf des Dämpfungsgrades α als Funktion der Höhe der ersten Überschwingung $\ddot{u}$.

Noch eine zweite Frage ist in diesem Zusammenhang zu beantworten, die Frage nach der zulässigen Zahl der Überschwingungen. Wie bereits betont, wird nach den neuen Regeln die Beruhigungszeit als jene Zeit definiert, die der Zeiger braucht, um auf ± 1,5 % seinen endgültigen Wert zu erreichen. Nach den alten Regeln wurde die Beruhigungszeit auf ± 1 % bezogen. Diese Werte sollen ganz allgemein als „Einstelltoleranz" μ_0 bezeichnet werden. Die Frage lautet also: Wie oft überschreitet der Zeiger den Sollwert, bis seine Schwingungen innerhalb der Einstelltoleranz bleiben? Die Antwort lautet:

$$n = \frac{\ln\frac{100}{\mu_0}}{\ln\frac{100}{\ddot{u}}} \qquad (10\,a)$$

oder:

$$n = \frac{\ln\frac{100}{\mu_0}}{\pi}\cdot\frac{\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}. \qquad (10\,b)$$

Die Zahl n ergibt sich allgemein als Dezimalbruch; die Ziffern vor dem Komma geben die gesuchte Zahl der halben Überschwingungen. In Abb. 2 ist die Gl. (10 a)

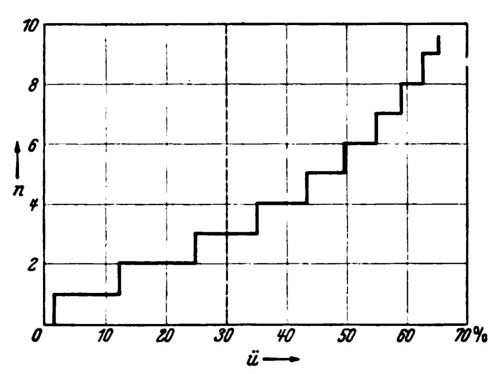


Abb. 2. Zusammenhang zwischen der Höhe der ersten Überschwingung $\ddot{u}$ und der Zahl der halben Überschwingungen n.

ausgewertet, und es ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache: **Die Regeln für elektrische Meßgeräte lassen höchstens drei halbe Überschwingungen zu.**

2. Einstellzeit und Dämpfungsgrad.

Der zweite Teil der Regeln bestimmt, daß die Einstellzeit 4 s nicht überschreiten dürfe. Welche Einstellzeit ist nun bei einem Meßwerk bekannter Eigenschwingungsdauer T_0

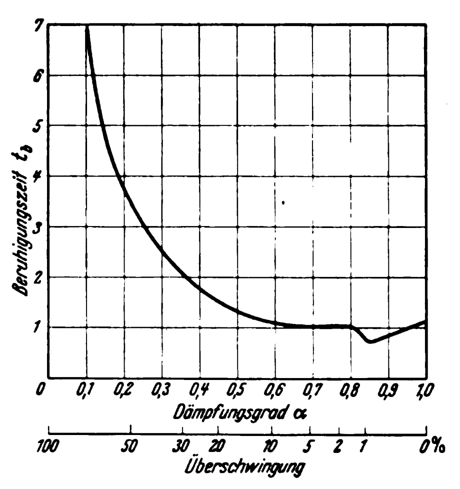


Abb. 3. Beruhigungszeit t_b, abhängig vom Dämpfungsgrad α für eine Einstelltoleranz von ± 1% und eine ungedämpfte Eigenfrequenz von 1 Hz. (Nach W. Hofmann.)

und bekannten Dämpfungsgrades zu erwarten? Grundsätzlich scheint die Lösung dieser Aufgabe nicht schwer zu sein. Man braucht nur in die Gl. (6), (7) und (8) für den Ausschlagwinkel γ die Einstelltoleranz μ_0 in % und für den Ausschlagwinkel a die Zahl 100 setzen, um dann nach τ aufzulösen. Man gewinnt dann eine dimensionslose Zeit τ_b, die der Beruhigungszeit t_b entspricht. Das Zeitmaß τ_b

Digitized by Google

soll „Beruhigungsmaß" genannt werden. Der praktischen Durchführung dieser Rechnung stellen sich jedoch erhebliche Schwierigkeiten entgegen. W. Hofmann[3]) hat versucht, wenigstens die Gl. (6) für die damals gültige Einstelltoleranz von $\pm 1\,\%$ nach τ_b aufzulösen, ohne zum Ziel zu gelangen. Es blieb deshalb nur übrig, die Bewegungskurve für verschiedene Dämpfungsgrade aufzuzeichnen und daraus die Zeit zu entnehmen, von der ab jeder Ausschlag innerhalb der Einstelltoleranz bleibt, ein mühsames Verfahren. Der von Hofmann gefundene Zusammenhang zwischen Beruhigungszeit und Dämpfungsgrad ist in Abb. 3 dargestellt. Für ausgezeichnete Punkte ist es jedoch möglich, mit geringem Aufwand eine rechnerische Lösung herzustellen. Zu ihr führt der folgende Weg. Bereits in Abb. 3 fällt auf, daß in der Nähe des Dämpfungsgrades 0,83 ein Knick vorhanden ist. Bei dieser Dämpfung macht das Meßwerk gerade eine Überschwingung von 1 %. Tatsächlich muß der Verlauf der Beruhigungszeit nicht nur an dieser Stelle unstetiges Verhalten zeigen, sondern an allen Stellen, wo sich die Zahl der Überschwingungen um eins ändert. Dies ist in Abb. 4 dar-

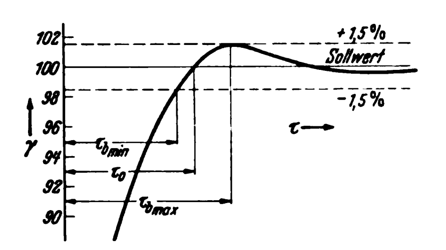


Abb. 4. Grundsätzlicher Verlauf der ersten Überschwingung beim Dämpfungsgrad $\alpha = 0{,}800$.

gestellt. Beim Dämpfungsgrad 0,800 berührt die Einschwingkurve in ihrer ersten Überschwingung die Toleranzlinie + 1,5 % im Punkte $\tau_{b_{\max}}$; sie schneidet die Toleranzlinie — 1,5 % im Punkt $\tau_{b_{\min}}$. Ist der Dämpfungsgrad größer als $\alpha = 0{,}800$, so überschreitet die Bewegungskurve die Toleranzlinie + 1,5 %, das Beruhigungsmaß ist größer als $\tau_{b_{\max}}$; ist dagegen α etwas kleiner als 0,805, so wird die obere Toleranzgrenze nicht mehr erreicht, das Beruhigungsmaß ist kleiner als $\tau_{b_{\min}}$. Im Punkt $\alpha = 0{,}800$ springt das Beruhigungsmaß von $\tau_{b_{\max}}$ auf $\tau_{b_{\min}}$. Der Vorgang wiederholt sich bei dem Dämpfungsmaß, wo die zweite halbe Überschwingung gerade die Toleranzlinie — 1,5 % berührt, also im Punkte $\alpha = 0{,}557$, er wiederholt sich an allen Umkehrpunkten, wenn diese die Toleranzlinien berühren. Diese „Sprungstellen" errechnen sich nach der Gleichung:

$$\alpha_n = \frac{\ln \frac{100}{\mu_0}}{\sqrt{n^2 \pi^2 + \left(\ln \frac{100}{\mu_0}\right)^2}}\,. \tag{11}$$

Der zugehörige Wert für $\tau_{b_{\max}}$ ergibt sich aus:

$$\tau_{b_{\max}} = \frac{\ln \frac{100}{\mu_0}}{\alpha_n}\,. \tag{12}$$

Zur Bestimmung des Wertes $\tau_{b_{\min}}$ geht man folgendermaßen vor. Er ist nur wenig entfernt vom Wert τ_0, dem Durchgang des Zeigers durch den Sollwert:

$$\tau_0 = \tau_{b_{\max}} - \frac{\arcsin \sqrt{1-\alpha^2}}{\sqrt{1-\alpha^2}}\,. \tag{13}$$

Es ist dann leicht, den Wert $\tau_{b_{\min}}$ als Verbesserung von τ_0 zu errechnen. Diese Punkte bilden dann das Gerüst für das in Abb. 5 gezeigte Schaubild. Es bleibt nur noch übrig, die Lösungen der Gl. (7) und (8) zu suchen, also den Verlauf des Beruhigungsmaßes im aperiodischen Bereich. Gl. (7) wird mit Hilfe einer Tafel für Exponentialfunktionen leicht gelöst; für die Gl. (8) gibt es eine sehr gute Näherungsformel, die noch angegeben wird. So entstand Abb. 5 und die Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

α	0,800	0,557	0,407	0,3175	0,2585	0,2157	0,1875
$\tau_{b_{\max}}$	5,25	7,55	10,32	13,22	16,26	19,31	22,4
$\tau_{b_{\min}}$	3,84	5,95	8.55	11,36	14,24	17,24	20,23

α	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
τ_b	6,17	7,37	8,45	9,48	10,45	11,40	12,32	13,20

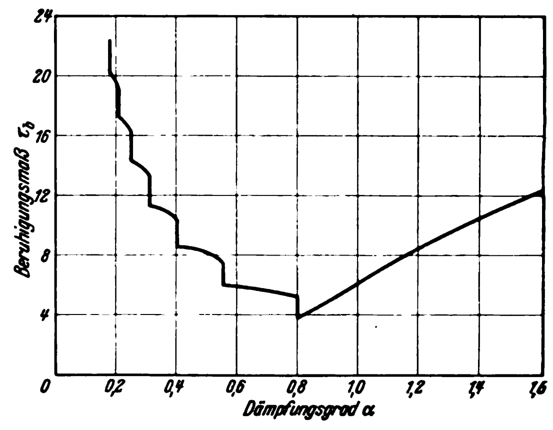


Abb. 5. Beruhigungsmaß τ_b als Funktion des Dämpfungsgrades α für eine Einstelltoleranz von $\pm$ 1,5%.

Für die Einstelltoleranzen 1 % und 0,1 % sind sehr gute Werte von Ising[4]) berechnet worden, der den unstetigen Verlauf im Bereich periodischer Einschwingvorgänge zuerst in vollem Umfang erkannt hat.

Näherungsformeln.

Zur näherungsweisen Berechnung eignen sich die folgenden Gleichungen, die sich aus den strengen Beziehungen leicht herleiten lassen:

Für $\alpha < 1$:

$$\tau_b \approx \frac{\ln \frac{100}{\mu_0}}{\alpha}\,. \tag{14}$$

Für $\alpha > 1$:

$$\tau_b \approx \frac{\ln \frac{100}{\mu_0} - \ln 2 + \ln\left(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1}\right) - \ln \sqrt{\alpha^2 - 1}}{\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 1}} \tag{15}$$

oder:

$$\tau_b \approx 2\,\alpha \ln \frac{100}{\mu_0}\,. \tag{16}$$

Alle diese Näherungsformeln geben um so bessere Werte, je mehr sich der Dämpfungsgrad von 1 unterscheidet und je geringer die Einstelltoleranz ist. Gl. (14) ist die Verbindungslinie der Punkte $\tau_{b_{\max}}$, gibt also zu große Werte. Gl. (15) liefert bereits ab $\alpha = 1{,}1$ praktisch exakte Werte. Gl. (16) ist für Abschätzungen geeignet.

Der Zusammenhang zwischen dem Beruhigungsmaß und dem Dämpfungsgrad ist somit vollständig beschrieben. Es sei an dieser Stelle nur noch einmal darauf hingewiesen, daß die Beruhigungszeit t_b sich aus dem Beruhigungsmaß τ_b und der Kreisfrequenz ω_0 nach Gl. (4) folgendermaßen errechnet:

$$t_b = \frac{\tau_b}{\omega_0}\,. \tag{17}$$

Nun läßt sich auch angeben, welche Grenzen durch die Neufassung gesetzt worden sind für die Eigenschwingungsdauer der Meßwerke T_0. Berücksichtigt man: $T_0 = 2\pi/\omega_0$ und $t \leqq 4$ s, so ergibt sich:

[3]) W. Hofmann, Dämpfung von Meßgeräten, Arch. techn. Messen (1932) J 014—1.

[4]) G. Ising, Natürliche Empfindlichkeitsgrenzen des Galvanometers bei verschiedener Dämpfung, Ann. Phys., Lpz. (5) 8 (1931) S. 911.

Digitized by Google

Bei günstigster Dämpfung ($a = 0{,}800$) muß die Eigenschwingungsdauer für Vollschwingung kleiner sein als 6,6 s, wenn das Meßwerk den Regeln entsprechen soll.

Bei ungünstigster Dämpfung ($a = 0{,}36$) muß die Eigenschwingungsdauer sogar kleiner als 2,2 s gewählt werden.

Welche Zeit vergeht, bis sich das Meßwerk völlig beruhigt hat? Bei spitzengelagerten Meßwerken tritt eine völlige Beruhigung tatsächlich ein infolge der Spitzenreibung. Trotzdem ist es nicht notwendig, bei guten Meßgeräten die Reibung in die Rechnung einzuführen, es genügt, die Zeit zu ermitteln, die vergeht, bis die Schwingungen die Grenzen der Wahrnehmbarkeit unterschreiten. Als Grenzen der Wahrnehmbarkeit kann man die Ablesegenauigkeiten betrachten, die 0,05 % nicht unterschreitet. Dies ist besonders für Meßwerke mit Bandaufhängung zweckmäßig. Bei spitzengelagerten Instrumenten setzt man dagegen als Grenzen den Reibungsfehler, der gewöhnlich größer ist als 0,05 %.

Die Abschätzung erfolgt dann mit Hilfe der Gl. (14) und (16):

Für ein Toleranzfeld von ± 1,5 % gilt näherungsweise:

für $a < 1$: $\tau_b = 4{,}2/a$; für $a > 1$: $\tau_b = 8{,}4 \cdot a$.

Für ein Toleranzfeld von ± 1 %:

$$\tau_b = 4{,}6/a \text{ bzw. } \tau_b = 9{,}2 \cdot a.$$

Für ein Toleranzfeld von ± 0,05 %:

$$\tau_b = 7{,}6/a \text{ bzw. } \tau_b = 15{,}2 \cdot a.$$

Die bis zur völligen Beruhigung vergehende Zeit ist also nur etwa 80 % länger als die auf ± 1,5 % bezogene Beruhigungszeit der Regeln. Für eine Einstelltoleranz von ± 1 % ergibt sich nur eine Verlängerung um etwa 65 %.

Dies wird durch praktische Versuche bestätigt, wenn H. Dallmann[5]) berichtet: „Die Zeit, die bis zur völligen Beruhigung vergeht, ist nach Beobachtungen an ausgeführten Geräten um etwa 50 % größer", als die auf eine Einstelltoleranz von ± 1 % bezogene Beruhigungszeit.

Zusammenfassung.

Nur noch Meßgeräte, deren Dämpfungsgrad größer ist als 0,36, entsprechen den neuen Regeln. Es wurde der Zusammenhang hergestellt zwischen der Höhe der ersten Überschwingung und der Zahl der Überschwingungen; Meßgeräte mit mehr als drei halben Überschwingungen entsprechen nicht mehr den Regeln. Die auf eine Einstelltoleranz von ± 1,5 % bezogene Beruhigungszeit wurde sowohl für beliebige periodische als auch aperiodische Einschwingvorgänge berechnet. Der günstigste Dämpfungsgrad ist jetzt 0,800. Bei günstigstem Dämpfungszustand muß die Eigenschwingungsdauer der Meßwerke kleiner sein als 6,6 s, bei dem ungünstigsten noch zugelassenen Dämpfungsgrad dagegen kleiner als 2,2 s. Die bis zur völligen Beruhigung vergehende Zeit ist nur höchstens 80 % länger als die auf 1,5 % bezogene Beruhigungszeit der Regeln.

[5]) H. Dallmann, Empfindliche Drehspul-Meßgeräte, ETZ 56 (1935) S. 1299.

Fortschritte der Stroboskopie.

Von **P. Drewell**, Berlin.

DK 531.776

Übersicht. Das stroboskopische Beobachtungsverfahren, das auf Versuche von Faraday zurückgeht und zum erstenmal von Plateau um 1835 angewendet wurde, konnte erst größere Bedeutung gewinnen, als durch die Entwicklung der elektrischen Entladungslampen Lichtquellen verfügbar wurden, die sich nahezu trägheitsfrei steuern lassen. Von den wegen ihrer geringen Lichtstärke nur in bestimmten Fällen anwendbaren Glimmlampen ging die Entwicklung über die Niederdruck-Entladungslampen zu den Hochdrucklampen, von denen die Quecksilber-Hochdrucklampe besonders geeignet ist.

1. Einleitung.

Bei der Entwicklung leistungsfähiger Motoren und Maschinen gewinnen die elektrischen Prüf- und Untersuchungsverfahren eine immer größere Bedeutung. Insbesondere für die Untersuchung von gewollt oder ungewollt auftretenden Schwingungen wurde eine Reihe von elektrischen Meßverfahren entwickelt, bei denen diese Schwingungen durch Kontaktmikrophone, Piezokristalle oder dergl. in elektrische Schwingungen verwandelt werden, die sich mittels Oszillographen untersuchen lassen. Diese Verfahren werden vor allem bei hohen Frequenzen und kleinen Schwingungsamplituden angewendet. Für die Untersuchung mechanischer Schwingungen gibt es aber noch ein anderes, an sich viel einfacheres Verfahren, das vor allem bei größeren Schwingungsamplituden in Frage kommt: Die stroboskopische Beobachtung. Sie hat gegenüber den anderen Verfahren den Vorzug, daß sie bei jeder Art von periodischen Bewegungsvorgängen verwendet werden kann und ein unmittelbares Bild dieser Vorgänge gibt. Da sie das Objekt völlig unbeeinflußt läßt, kann sie auch bei Vorgängen Verwendung finden, die mit sehr kleiner Energie arbeiten, z. B. zur Untersuchung von Kleinstmotoren, Spinnvorgängen, Luftschwingungen und dergl. Im folgenden soll gezeigt werden, daß auch dies an sich optische Verfahren in immer stärkerem Maße mit elektrotechnischen Mitteln durchgeführt wird.

Die wichtigsten stroboskopischen Verfahren machen davon Gebrauch, daß das Auge schon außerordentlich kurze Bildeindrücke aufzunehmen vermag. So genügt schon ein Lichtblitz von nur 10^{-6} s Dauer, um den beleuchteten Gegenstand deutlich sichtbar zu machen. Wiederholen sich solche Lichtblitze in der Weise, daß sie ein periodisch schnell bewegtes Objekt immer wieder in der gleichen Lage beleuchten, so zieht das Auge die einzelnen Bildeindrücke infolge seiner Trägheit zusammen, so daß das Objekt in dieser Lage stillzustehen scheint. Ist die Zeit zwischen zwei Beobachtungsmomenten etwas größer oder etwas kleiner als die Periodendauer der Bewegung, so scheint sich das Objekt im wahren oder umgekehrten Sinne langsam zu bewegen. Bei sehr kleiner Bewegungsfrequenz des Objektes und damit der Bildeindrücke kann das Auge die letzteren nicht mehr völlig zusammenziehen, das stroboskopische Bild „flimmert", bis bei Frequenzen unter etwa 10 Hz die Bildeindrücke getrennt wahrgenommen werden.

2. Blenden- und Lichtblitzverfahren.

Das Herausschneiden eines kurzen Beobachtungsmomentes aus der Bewegungsperiode läßt sich auf zwei Wegen erreichen. Bei dem „Blendenverfahren" wird zwischen Auge und Objekt eine Blende gesetzt, die den Blick auf das Objekt nur kurzzeitig freigibt, bei dem „Lichtblitzverfahren" wird das Objekt mit periodischen Lichtblitzen beleuchtet. Das Blendenverfahren geht auf Versuche von Faraday zurück und hat denselben Ursprung wie die neuzeitliche Filmtechnik. Als Blende diente zuerst, wie auch zumeist heute noch, eine umlaufende Scheibe mit nahe am Umfang angebrachten radialen Schlitzen. Die erste systematische Untersuchung dieses Verfahrens wurde von Toepler durchgeführt[1]). Er fand die Not-

[1]) H. Toepler, Pogg. Ann. 128 (1866) S. 108. P. Drewell, Arch. techn. Mess. V 145-1, Liefg. 97 (1939).

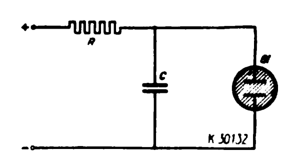
Digitized by Google

wendigkeit einer zweiten, feststehenden Blende zur Verkürzung des Beobachtungsmomentes, stellte fest, daß sich parallaktische Fehler nur dann ganz vermeiden lassen, wenn mit Hilfe eines Fernrohres beobachtet wird, und machte auch schon auf den grundsätzlichen Mangel des Verfahrens aufmerksam, daß nämlich die Helligkeit des stroboskopischen Bildes in gleichem Maße abnimmt, wie seine Schärfe zunimmt. Die Kürze des Beobachtungsmomentes und damit die Bildschärfe ist schließlich noch dadurch begrenzt, daß sich bei zu schmalen Schlitzen der Scheibe Beugungserscheinungen störend bemerkbar machen.

Um das stroboskopische Bild von parallaktischen Fehlern zu befreien und es zugleich mehreren Personen sichtbar zu machen, können nach einem Vorschlag von Doppler[2]) die Plätze von Auge und Lichtquelle vertauscht werden, d. h. die Blende wird zwischen Objekt und Lichtquelle gesetzt, das Objekt also in jeder Bewegungsperiode kurz beleuchtet. Der Hauptnachteil des Blendenverfahrens, die Abhängigkeit zwischen Bildschärfe und Bildhelligkeit, ist damit allerdings noch nicht beseitigt. Auch hier wird offenbar nur der Bruchteil des Lichtes ausgenutzt, der durch das Verhältnis von Beobachtungsdauer zu Periodendauer der Bewegung gegeben ist. Dieser Nachteil kann nur vermieden werden, wenn es gelingt, die Strahlung der Lichtquelle auf die Beobachtungsmomente zusammenzudrängen, d. h. die Lichtquelle selbst zu steuern. Da die Strahlungsdauer mindestens unter 10^{-4} s liegen muß, kommen praktisch nur die Lampen in Frage, bei denen das Leuchten eines elektrisch angeregten Gases oder Dampfes ausgenutzt wird. Mit der Entwicklung dieser Lampen, die gerade in den letzten Jahren so große Fortschritte gemacht hat, gewann auch die Lichtblitzstroboskopie mehr und mehr an Bedeutung und wurde dem Blendenverfahren bald überlegen.

3. Niederdruckentladungslampen als Lichtquelle.

Zuerst wurden die Lampen verwendet, bei denen das Leuchten des Glimmsaums vor der Kathode ausgenutzt wird (Glimmlampen)[3]). Sie ergeben einmal die Möglichkeit, in einfacher Weise netzsynchrone Lichtblitze zu erzeugen, mit denen z. B. Schlupfmessungen an Asynchronmaschinen durchgeführt werden können, darüber hinaus können mit ihnen aber auch Lichtblitze einstellbarer Frequenz erzeugt werden, wenn sie in der Hittorfschen Blinkschaltung betrieben werden[4]). Diese Schaltung, die die Grundschaltung fast aller Lichtblitzstroboskope darstellt, ist in Abb. 1 wiedergegeben: Die Glimmlampe *Gl*



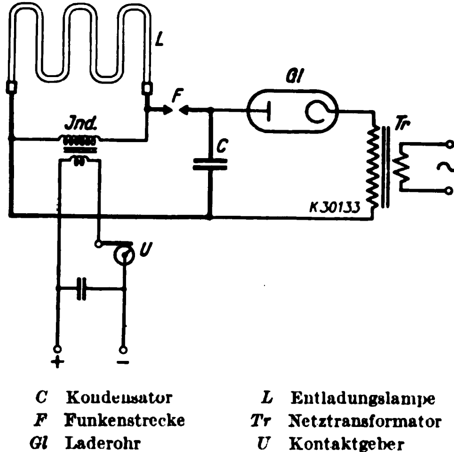
C Kondensator
Gl Glimmlampe
R Ladewiderstand

Abb. 1. Blinkschaltung nach Hittorf.

liegt parallel zu dem Kondensator *C*, der über den Widerstand *R* aufgeladen wird. Wird ihre Zündspannung erreicht, entlädt sich der Kondensator mit einem kurzen Stromstoß über die Lampe und löst dabei den Lichtblitz aus. Wird bei der Entladung die Löschspannung der Lampe unterschritten, so wird diese wieder nichtleitend, und das Spiel wiederholt sich. Die Frequenz der Entladungen ist im wesentlichen von der Zeitkonstante des Aufladekreises abhängig. Wie alle nichtlinearen Schwingungskreise läßt sich auch dieser Kippschwingkreis leicht durch eine andere Frequenz mitnehmen, d. h. mit dieser Frequenz synchronisieren. Zu diesem Zweck kann man z. B. in den Aufladekreis eine kleine Wechselspannung legen[5]). Stimmt man dann den Kreis ungefähr auf die Frequenz dieser Spannung ab, dann fällt er sofort in Tritt. Diese Möglichkeit hat für die Anwendung der Lichtblitzstroboskopie große Bedeutung gewonnen.

[2]) C. Doppler, Böhm. Ges. d. Wiss. 3 (1845) S. 779.
[3]) H. Schering u. V. Vieweg, Z. Instrumentenkde. 40 (1920) S. 139.
[4]) F. Schröter u. R. Vieweg, Arch. Elektrotechn. 12 (1923) S. 359.
[5]) H. E. Linckh u. R. Vieweg, Z. Instrumentenkde. 98 (1928) S. 416.

Die Glimmlampe ist ihrer geringen Leuchtdichte wegen nur für grobe Untersuchungen brauchbar, die zudem in einem verdunkelten Raum vorgenommen werden müssen. Einen wesentlichen Fortschritt brachte die Entwicklung der Entladungslampen, bei denen die Strahlung der positiven Säule einer Niederdruckentladung ausgenutzt wird. Wenn bei diesen Lampen, von denen in der Stroboskopie in der Hauptsache die mit Neonfüllung verwendet werden, die Leuchtdichte auch noch klein ist, hat man doch die Möglichkeit, durch Anwendung langer Entladungsrohre Lichtstärken zu erzielen, die für viele Zwecke ausreichen. Allerdings haben solche Lampen sehr hohe Zündspannungen, die außerdem stark schwanken. In der Hittorfschen Schaltung würde das eine starke zeitliche Streuung des Zündeinsatzes und der Lichtblitze zur Folge haben, sie ist hier also nur dann anwendbar, wenn besondere Maßnahmen zur Steuerung des Zündeinsatzes getroffen werden. Bei dem „Stroborama" des Franzosen Seguin[6]), bei dem ein mehrere Meter langes spiralig oder mäanderförmig gebogenes Entladungsrohr als Lichtquelle verwendet wird, ist zwischen Kondensator *C* und Lampe *L* eine Funkenstrecke *F* geschaltet (Abb. 2). Die



C Kondensator
F Funkenstrecke
Gl Laderohr
Ind. Induktor
L Entladungslampe
Tr Netztransformator
U Kontaktgeber

Abb. 2. Grundschaltung des Stroborama.

Kondensatorspannung ist so bemessen, daß sie nicht ausreicht, beide Entladungsstrecken gleichzeitig zu durchschlagen. Erst wenn eine der Strecken durch eine Hilfsspannung gezündet wird, die durch Schließen des Kontaktes *U* in dem Induktor *Ind.* erzeugt wird, kann die Kondensatorladung über Funkenstrecke und Lampe fließen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Entladungsrohr über einen Funkeninduktor zu speisen, dessen Primärstrom periodisch schnell geändert, z. B. über mechanische Kontakte unterbrochen wird. Dabei ist aber zu beachten, daß infolge der großen Induktivität und der unvermeidlichen Wicklungskapazität der Sekundärspule des Induktors die Stromstöße und damit auch die Lichtblitze verhältnismäßig lang werden, auch wenn man dafür sorgt, daß schwingende Entladungen vermieden werden. Versucht man diesem Übel dadurch abzuhelfen, daß man der Lampe einen Kondensator parallel schaltet, so erhält man wieder große Zündeinsatzstreuungen, da die Spannung an diesem Kondensator verhältnismäßig langsam ansteigt.

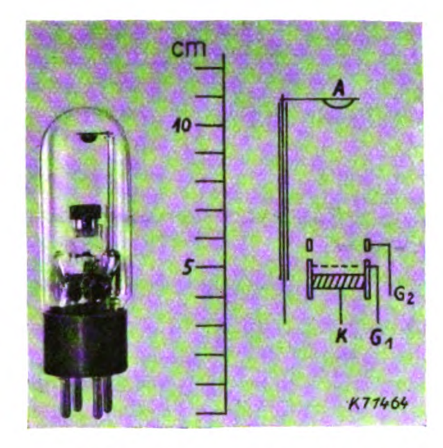
Bei kürzeren Entladungsrohren kann die Zündung auch über Hilfselektroden ausgelöst werden, die im oder am Rohr angeordnet sind[7]). Bei Rohren mit Quecksilberdampffüllung besteht weiter die Möglichkeit, mit flüssiger Kathode zu arbeiten und die Entladung durch Auslösen eines Kathodenflecks, entweder mittels eines Zündbandes[8]) oder mittels eines eingetauchten Halbleiter-

[6]) A. Seguin, Bull. Soc. franç. Electr. 4 (1934) S. 405.
[7]) R. C. Hitchcock, Electr. J. 32 (1935) S. 529.
[8]) H. E. Edgerton u. K. J. Germeshausen, Electronics, N. Y. 5 (1932) S. 220.

Digitized by Google

stiftes, zu zünden. Eine Zündstreuung ist aber auch bei diesen Verfahren nicht ganz zu vermeiden. Bei Rohren mit flüssiger Kathode, die an sich für die hier auftretende Belastung mit hohen Stromstößen sehr geeignet ist, ergibt sich außerdem die Schwierigkeit, daß der Dampfdruck und damit die Zündspannung stark von der Belastung abhängt. Man hat auch versucht, gittergesteuerte Rohre mit Glühkathode zu verwenden, deren Zündstreuung außerordentlich klein ist, doch ist die Lebensdauer der Glühkathode bei diesem Betrieb im allgemeinen sehr klein, da sie zur Erzielung einigermaßen heller und kurzer Lichtblitze weit über ihre Emissionsfähigkeit belastet werden muß.

Von Germeshausen und Edgerton wurde eigens für stroboskopische Zwecke ein kleines, gittergesteuertes Rohr mit Neonfüllung entwickelt, das eine kalte Cäsiumoxydkathode besitzt („Strobotron")[9] (Abb. 3). Die Zündung erfolgt dadurch, daß an eins der



A Anode G_1, G_2 Gitter *K* Kathode

Abb. 3. Strobotron.

Gitter eine positive Spannung gelegt wird, wobei zunächst eine Glimmentladung entsteht, die sofort in eine Bogenentladung umschlägt. Das Rohr, dessen Lichtstärke für einfache Beobachtungen im unverdunkelten Raum ausreicht, wird in den V. S. Amerika in der Hauptsache zur stroboskopischen Drehzahlmessung verwendet.

4. Quecksilberhochdrucklampen als Lichtquelle.

Bei der stroboskopischen Beobachtung ist in vielen Fällen eine Lichtquelle erwünscht, deren Licht sich zur genauen Beobachtung kleiner Teile oder zur Anstrahlung des Objektes aus größerer Entfernung bündeln läßt. Die hierzu erforderliche Leuchtdichte wird bei den beschriebenen Lampen bei weitem nicht erreicht. Man könnte nun daran denken, die Leuchtdichte durch Heraufsetzen der Stromdichte der Entladung zu vergrößern. Gerade bei der in der Stroboskopie oft angewendeten Neonentladung kommt man damit aber bald an eine Grenze, bei der die Leuchtdichte nicht mehr ansteigt. Der Grund liegt darin, daß bei Überschreiten einer gewissen Stromdichte, die bei etwa 0,1 A/cm² liegt, die Anregungsbedingungen für die im sichtbaren Teil des Spektrums liegenden Spektrallinien des Neons ungünstiger werden. Noch weit ausgeprägter ist diese Erscheinung bei den Gasen und Dämpfen, bei denen in der Hauptsache die Strahlung der Resonanzlinie ausgenutzt wird, wie z. B. beim Natrium[10]). Diese Entladungen können nur mit kleinen Stromdichten betrieben werden, sind also für stroboskopische Zwecke nicht brauchbar. Am günstigsten sind Füllungen, bei denen die Lichtausbeute, d. h. das Verhältnis abgegebener sichtbarer Strahlung zu aufgenommener Leistung mit wachsender Stromdichte stetig ansteigt, wie es z. B. beim Quecksilberdampf der Fall ist[11]).

Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Leuchtdichte ist die Vergrößerung des Fülldruckes. Aber auch hier muß darauf Rücksicht genommen werden, durch welche atomaren Prozesse die Strahlung entsteht. Bei Resonanzstrahlung tritt bei höherem Druck Selbstabsorp-

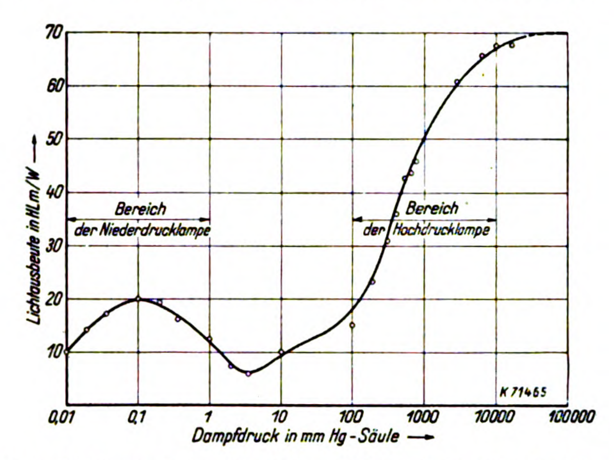
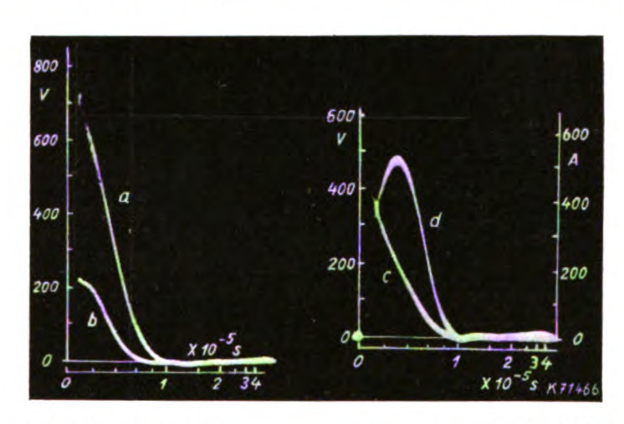


Abb. 4. Lichtausbeute der Quecksilberentladung als Funktion des Dampfdruckes bei konstanter Stromstärke.

tion ein, d. h. ein Teil der Strahlung wird in der Entladung selbst wieder absorbiert und in Strahlung anderer Wellenlänge oder in Wärme umgesetzt. Natriumdampflampen brennen daher am wirtschaftlichsten mit sehr kleinem Druck. Bei Neon erreicht die Lichtausbeute bei etwa 1 Torr Druck einen Höchstwert und sinkt bei höheren Drücken wieder ab. Für Quecksilberdampf ergibt sich eine Abhängigkeit der Lichtausbeute vom Druck, wie sie in Abb. 4 wiedergegeben ist[12]). Nach einem Höchstwert bei 0,1 Torr durchläuft die Ausbeute bei etwa 3 Torr ein Minimum, erreicht bei etwa 100 Torr wieder den ersten Höchstwert und steigt dann stetig weit über diesen an. Aus dieser Kurve geht ohne weiteres hervor, warum bei



a Kondensatorspannung
b Anodenspannung des Steuerrohres
c Spannung an der Quecksilberdampflampe
d Entladestrom

Abb. 5. Entladevorgang des Lichtblitzstroboskopes mit Glühkathodensteuerrohr.

der Verwendung von gittergesteuerten Rohren mit Quecksilberdampffüllung als stroboskopische Lichtquelle keine befriedigenden Lichtstärken erzielt werden: Diese Rohre arbeiten mit einem Druck von etwa 0,01 Torr, bei dem die Lichtausbeute also sehr schlecht ist. — Außer der wachsenden Lichtausbeute tragen noch zwei andere Erscheinungen dazu bei, daß die Leuchtdichte der Quecksilberdampfentladung bei Drucken über 100 Torr stark ansteigt: Erstens steigt mit dem Druck bei gleichem Ent-

---

9) K. J. Germeshausen u. H. E. Edgerton, Electr. Engng. 55 (1936) S. 790.
10) H. Krefft, M. Reger u. R. Rompe, Z. techn. Phys. 14 (1933) S. 242.
11) R. Rompe u. W. Thouret, Z. techn. Phys. 17 (1936) S. 377.
12) H. Krefft u. E. Summerer, Licht 4 (1934) S. 1.

Digitized by Google

ladungsstrom der Spannungsabfall und somit der Leistungsumsatz in der Strecke, zweitens schnürt sich die Entladung ein, d. h. sie verringert sehr stark ihren Querschnitt. Während die Leuchtdichte bei der Neon- und der Quecksilber-Niederdruckentladung in technischen Rohren etwa 2 sb (HK/cm²) beträgt, wird sie bei der Quecksilberentladung bei 1 at Dampfdruck etwa 100 sb. Bei Steigerung des Druckes über 100 at werden die höchsten Leuchtdichten erreicht, die man technisch überhaupt erzielen kann. Bei der Quecksilberhochdruck-Entladung sind demnach die Voraussetzungen zur Erzielung einer stroboskopischen Lichtquelle hoher Leuchtdichte gegeben. Als besonderer Vorzug ist noch ihr fast weißes, auch photographisch sehr wirksames Licht zu nennen.

5. Die Steuerung von Hochdruckentladungslampen.

Es ergibt sich nun die Frage, wie man eine solche Hochdruckentladung steuern kann. Im Gegensatz zur Niederdruckentladung liegt das Problem der Zündung hier nicht in der Ablösung genügend großer Elektronenmengen an der Kathode und — bei langen Entladungsrohren — der Überwindung von Wandladungen, sondern im Durchschlag der Entladungsstrecke selbst. Wegen der kleinen freien Weglängen sind hierzu große Feldstärken, also auch bei kleinen Elektrodenabständen hohe Spannungen erforderlich. Aus den Untersuchungen an Funkenentladungen ist weiter bekannt, daß der Zünd-

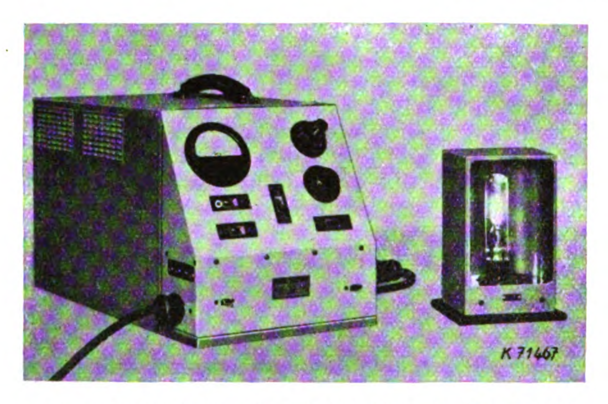
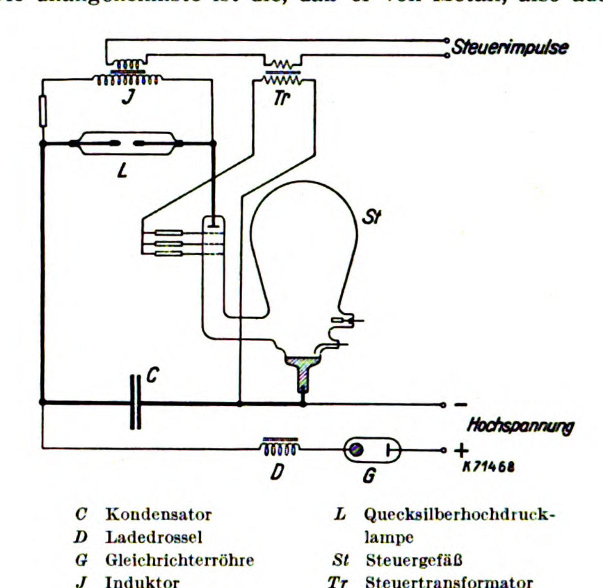


Abb. 6. Lichtblitzstroboskop mit Quecksilberdampflampe und Glühkathodensteuerrohr.

einsatz stark streut, wenn an die Entladungsstrecke nicht eine Spannung gelegt wird, die merklich über ihrer statischen Zündspannung liegt und sehr schnell ansteigt. Die Anwendung der Hittorfschen Schaltung ist also auch hier nicht ohne weiteres möglich. Weiter muß beachtet werden, daß die Geschwindigkeit der Entionisierung der Hochdruckentladung wesentlich kleiner ist als bei der Niederdruckentladung. Will man auch größere Lichtblitzfrequenzen erzielen, so muß schon aus diesem Grunde der Hochdruckentladung eine Steuerstrecke vorgeschaltet werden. Diese hat drei Forderungen zu erfüllen: Sie muß eine Spannung sperren, die weit genug über der Zündspannung der Hochdruckstrecke liegt, damit keine Zündschwankungen auftreten, muß selbst ohne wesentliche Zündstreuung steuerbar sein und muß bei der Entladung einen möglichst kleinen Innenwiderstand besitzen.

Für die Steuerung von Entladungsstrecken mit mittlerem Druck konnte ein gittergesteuertes Niederdruckrohr mit Glühkathode entwickelt werden[13]. An sich ist ein solches Rohr für diesen Betrieb wenig geeignet, da die Glühkathode den hohen Stromstößen nicht gewachsen ist, so daß der Spannungsabfall vor der Kathode unzulässig hoch ansteigt. Gerade die Erkenntnis, daß der Spannungsabfall unter einem bestimmten Wert bleiben muß, hat ja erst zur Entwicklung praktisch brauchbarer Entladungsrohre mit Glühkathode und Gittersteuerung (Thyratron) geführt. Dieser kritische Spannungsabfall liegt bei allen technisch zur Füllung verwendeten Gasen und Dämpfen unterhalb 40 V. Wesentlich höher liegt er bei Wasserstoff, der aber einige unangenehme Eigenschaften hat, die seiner allgemeinen Verwendung im Wege stehen. Die unangenehmste ist die, daß er von Metall, also auch



C	Kondensator	*L*	Quecksilberhochdrucklampe
D	Ladedrossel	*St*	Steuergefäß
G	Gleichrichterröhre	*Tr*	Steuertransformator
J	Induktor		

Abb. 7. Grundschaltung des Großstroboskops.

von den Elektroden der Röhre, in großen Mengen aufgenommen wird. Durch die Wahl geeigneten Elektrodenmaterials und durch sehr sorgfältiges Absättigen der Elektroden mit Wasserstoff gelang es aber, ein brauchbares Rohr herzustellen, dessen Gasdruck im Betrieb hinreichend konstant bleibt. In neuerer Zeit hatten auch Versuche mit Entladungsrohren mit Heliumfüllung Erfolg[14], bei denen der Gasdruck so hoch ist, daß die Ionen infolge der kleinen freien Weglänge unter der Geschwindigkeit bleiben, bei der sie die Kathode zu zerstören

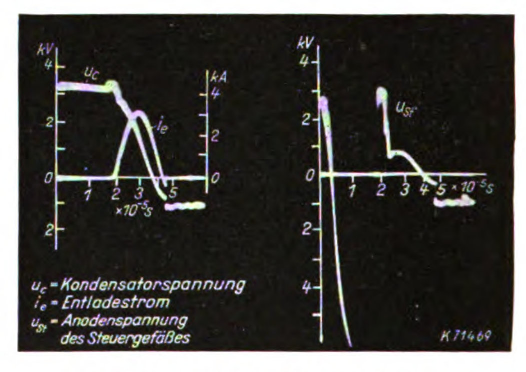


Abb. 8. Entladevorgang beim Großstroboskop.

beginnen. Durch passende Anordnung der Elektroden wurde trotz des auch bei Wasserstoff verhältnismäßig hohen Druckes eine ausreichende Sperrspannung erzielt. Mit diesen Steuerrohren lassen sich Quecksilberdampflampen mit einem Elektrodenabstand von 20 mm und einem Druck von etwa 200 Torr betreiben, wobei Steuerrohr und Lampe in Serie an den Kondensator *C* (Abb. 1) geschaltet werden. Den zeitlichen Verlauf des Stromes und der Spannungen, die bei der periodischen Entladung eines Kondensators von 4 µF Kapazität auftreten, zeigen die Oszillogramme in Abb. 5. Das Steuerrohr, das die Abmessungen und die Kathodengröße eines normalen 3 A-Rohres hat, wird demnach in der Spitze mit über 500 A belastet, ohne daß die Kathode dabei Schaden nimmt.

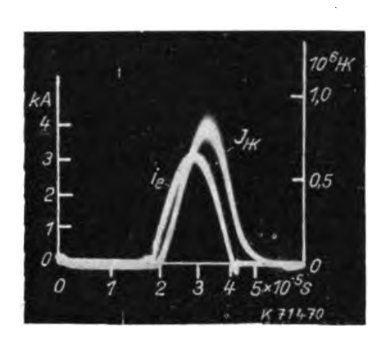
---

[13] P. Drewell, Z. techn. Phys. 16 (1935) S. 614.

[14] Die Versuche wurden von B. Dreßler durchgeführt.

Digitized by Google

Die Lichtstärke liegt unter den Versuchsbedingungen der in Abb. 5 gezeigten Messung im Höchstwert bei 50 000 HK, die Lichtblitzlänge beträgt etwa $2 \cdot 10^{-5}$ s. Da bei höheren Lichtblitzfrequenzen kleinere Kondensatoren verwendet werden, wird auch die Lichtblitzlänge entsprechend kürzer. Die Lichtstärke reicht auch im unverdunkelten Raum zu genauen stroboskopischen Beobachtungen aus. Die Abb. 6 zeigt ein nach diesem Prinzip gebautes Lichtblitzstroboskop mit Netzanschluß[15]). Zur Erzielung einer größeren Frequenzkonstanz ist dem Hauptentladungskreis ein taktgebender Steuerkreis vorgeschaltet, an dem die Frequenz von 6 bis 800 Hz eingestellt werden kann. Der Steuerkreis kann seinerseits durch eine Wechselspannung oder durch periodische Spannungsstöße synchronisiert werden. Zur Messung der Lichtblitzfrequenz dient ein Drehspulinstrument, das in einem besonderen Meßkreis liegt. Das Gerät kann also auch zur Drehzahl- oder Schwingungszahlmessung dienen. Die Lampe, die sich durch die Entladung selbst aufheizt, ist in einem kleinen Reflektor untergebracht, der mit dem Gerät durch ein Kabel verbunden ist.



J_{HK} Lichtstärke i_e Entladestrom

Abb. 9. Verlauf der Lichtstärke des Großstroboskopes.

Zum Betrieb von Quecksilberdampflampen mit höherem Druck reicht die Sperrspannung der Glühkathodensteuerrohre nicht mehr aus, da die Zündspannung der Lampe mit dem Druck stark ansteigt, beispielsweise bei einer Lampe mit 10 mm Elektrodenabstand und 6 at Druck über 10 000 V liegt. Zum Betrieb solcher Lampen müßte man also mit entsprechend hohen Kondensatorspannungen arbeiten. Dabei ergibt sich aber eine Schwierigkeit: Der für den Entladungsvorgang maßgebende innere Widerstand einer Hochdrucklampe ist verhältnismäßig klein, so daß die Entladung in einer gedämpften Schwingung verläuft, wenn das Steuerrohr den Rückstrom nicht sperren kann. Zur Erzielung möglichst kurzer Lichtblitze muß ein Schwingen der Entladung aber vermieden werden. Es ist jedoch kaum möglich, ein Steuerrohr zu bauen, das etwa 10^{-5} s nach Fließen eines Stromes von einigen 1000 A eine Rückspannung von etwa 10 000 V zu sperren vermag. Anderseits verschlechtert die Anwendung zusätzlicher Dämpfungswiderstände den Wirkungsgrad der Anordnung ganz wesentlich. Eine Lösung dieses Problems wurde in der in Abb. 7 wiedergegebenen Schaltung gefunden, bei der die Lampe durch eine Hilfsspannung gezündet wird, während der Kondensator eine Spannung erhält, die weit unter der Zündspannung der Lampe liegt. Die Schaltung arbeitet folgendermaßen: Durch eine Steuerspannung wird zunächst über den Induktor J die Entladungsstrecke der Lampe L durchschlagen, gleich darauf wird das Steuergefäß St über den Gittertransformator Tr gezündet, so daß die Ladung des Kondensators C über Steuergefäß und Lampe abfließen kann, wobei der Lichtblitz in der Lampe ausgelöst wird. Für den Zündeinsatz ist hierbei die sehr geringe Streuung des Steuergefäßes maßgebend, so daß die Zündspannungsschwankungen der Hochdrucklampe, die durch einen Ofen auf eine Temperatur von etwa 475 °C entsprechend 6 at Dampfdruck gebracht wird, unschädlich werden. Durch geeignete Konstruktion der Gitter des Steuergefäßes ist es möglich, die nach der Hauptentladung auftretende Rückspannung von etwa 1000 V zu sperren, so daß ein Durchschwingen des Entladungsstromes vermieden wird. Das Steuergefäß arbeitet mit Quecksilberdampffüllung und flüssiger Kathode, die den hohen Strömen am besten gewachsen ist[16]). Die Abb. 8 zeigt den Verlauf der Kondensatorspannung u_C, des Entladungsstromes i_e und der Anodenspannung des Steuergefäßes u_{St} bei der Entladung eines Kondensators von 8 µF Kapazität. Die Anodenspannung des Steuergefäßes wird durch die Zündspannung der Lampe zunächst stark negativ, springt beim Zünden der Lampe auf den Wert der Kondensatorspannung und bricht dann bei der Zündung des Gefäßes zusammen. Infolge der unvermeidlichen Induktivität des Entladungskreises ist der Strom, der einen Höchstwert von etwa 3000 A erreicht, gegen die Spannung etwas phasenverschoben, so daß diese bei noch positivem Strom durch Null geht. Infolge der dem hohen Strom entsprechenden großen Ladungsträgerkonzentration im Steuergefäß fließt kurzzeitig ein starker Rückstrom, der nach genügender Entionisierung des Gitter-Anodenraumes plötzlich abreißt, wobei die Spannung des Steuergefäßes auf die Kondensatorspannung fällt, da der Spannungsabfall in der Lampe und den Leitungen plötzlich verschwindet. Abb. 9 zeigt die senkrecht zur Lampenachse gemessene Lichtstärke J_{HK} unter den gleichen Betriebsverhältnissen bei 50 Hz Lichtblitzfrequenz, deren Höchstwert 800 000 HK erreicht. Die höchste Leuchtdichte ergibt sich zu 1,6 Mill sb, da die leuchtende Fläche etwa 0,5 cm² groß ist. Wie aus dem Vergleich mit der Stromkurve hervorgeht, ist die Lichtblitzlänge im wesentlichen durch die Eigenfrequenz des Entladekreises bestimmt, sie wird also auch hier kleiner, wenn bei höheren Blitzfrequenzen kleinere Kondensatoren verwendet werden.

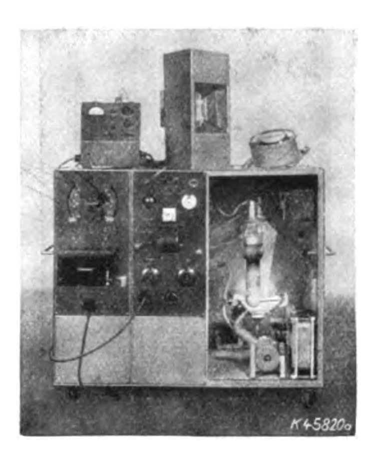


Abb. 10. Großstroboskop.

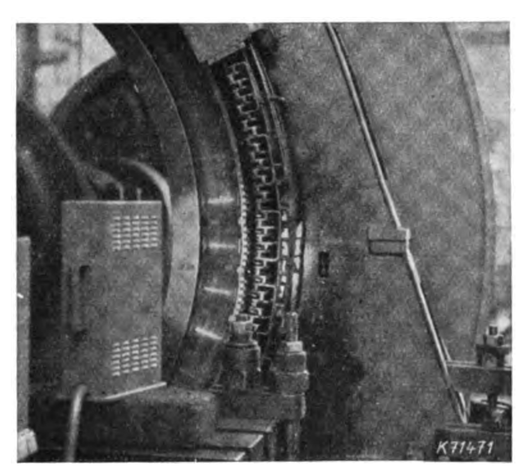


Abb. 11. Großsynchronmaschine im stroboskopischen Licht.

Bei den hier in Frage kommenden Leistungen wäre die Aufladung des Kondensators C (Abb. 7) über ohmsche Widerstände sehr ungünstig, da dabei mindestens 50 % der aufgewendeten Leistung im Widerstand verloren gehen würde. Diese Verluste fallen fast völlig weg, wenn als Aufladewiderstand eine Drossel verwendet wird, wobei sich noch der Vorteil ergibt, daß die Kondensatorspannung wesentlich über die Speisespannung ansteigt, zumal der Kondensator bei der Entladung negative Spannung erhält. Ein Gleichrichter im Aufladekreis vermeidet, daß die

[15]) B. Richter, AEG-Mitt. (1937) H. 11.

[16]) Das Steuergefäß wurde von H. Rudat entwickelt.

Digitized by Google

Überladung des Kondensators in die Stromquelle zurückfließt. Bemißt man den Ladekreis so, daß seine Eigenfrequenz mindestens halb so groß ist wie die größte Lichtblitzfrequenz, so wird der Kondensator unabhängig von der Lichtbildfrequenz immer wieder auf denselben Wert aufgeladen.

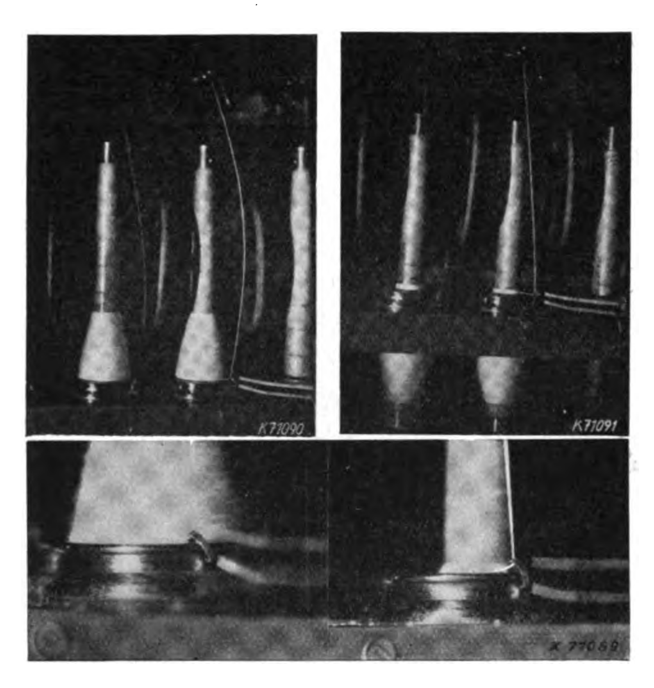


Abb. 12. Spinnvorgang.

Abb. 10 zeigt ein Großstroboskop, bei dem die beschriebene Schaltung zur Anwendung gekommen ist. Im linken Teil ist ein Hochspannungsgleichrichter untergebracht, rechts ist das Steuergefäß sichtbar. Auf dem Hauptgerät steht das Steuergerät zur Erzeugung der Steuerspannungsimpulse, das auch einen Frequenzmeßkreis enthält. Die Lampe ist mit ihrem Ofen in einen Reflektor eingebaut, dem zur Bündelung des Lichtes ein Kondensor vorgesetzt werden kann. Die Frequenz dieses Gerätes ist von 5 bis 1000 Hz einstellbar, außerdem können Einzellichtblitze ausgelöst werden.

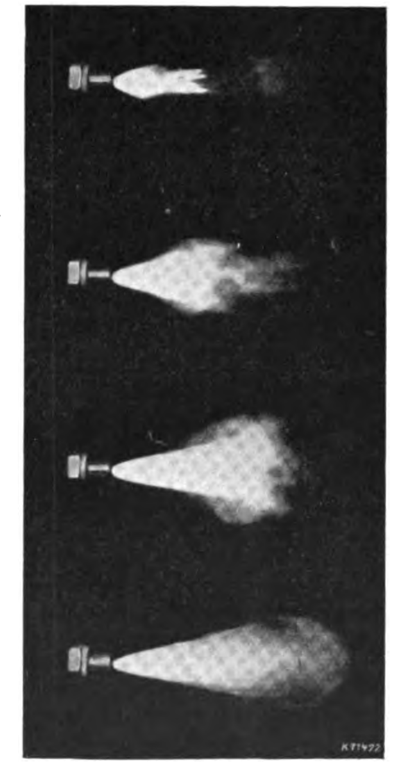


Abb. 13. Entwicklung des Kraftstoffstrahls einer Zapfendüse.

6. Anwendungsbeispiele.

Die letzten Abbildungen zeigen einige Anwendungsbeispiele des Lichtblitzstroboskops. Die Aufnahmen wurden mit dem zuletzt beschriebenen Gerät gemacht, dessen Lichtstärke ausreicht, nicht allzu große Objekte mit einem einzigen Lichtblitz aufzunehmen. Für die Beobachtung dieser Vorgänge ist aber auch das mit Glühkathodensteuerrohr arbeitende Gerät (Abb. 6) völlig ausreichend. Die Abb. 11 zeigt die Anwendung des Stroboskops im elektrischen Prüffeld zur Untersuchung einer Großsynchronmaschine. Außer dem Lastwinkel und den bei Belastungsänderungen auftretenden Pendelungen lassen sich auch Teilungsungenauigkeiten am Läufer genau feststellen.

Abb. 12 gibt vier Bilder aus einem Film wieder, der an einer Ringspinnmaschine zur Untersuchung des Spinnvorganges aufgenommen wurde[17]). Die Spindeln liefen mit etwa 8000 U/min um. Das Stroboskop wurde mittels eines kleinen Elektromagneten, dessen Pole auf den Bildern zu sehen sind, mit dem Läufer einer Spindel synchronisiert, so daß dieser stillzustehen, die Spindel langsam umzulaufen schien.

Abb. 13 zeigt verschiedene Phasen des Einspritzvorganges bei einer Zapfendüse, also eines Vorganges, der an sich nicht streng periodisch verläuft, trotzdem aber stroboskopisch gut beobachtet werden kann[18]).

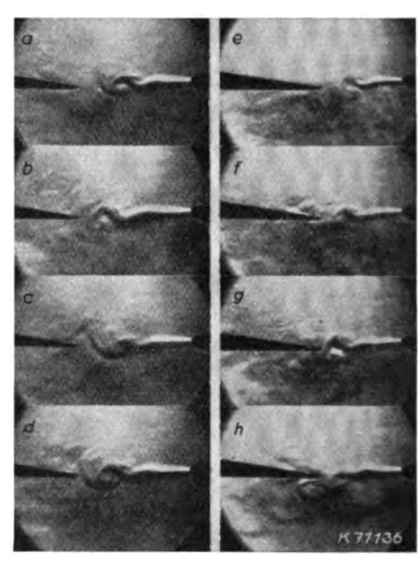


Abb. 14. Wirbelbildung beim Anblasen einer Schneide.

Luftwirbel können nach dem Toeplerschen Schlierenverfahren sichtbar gemacht werden[19]). Wird als Lichtquelle eine Stroboskoplampe benutzt, so läßt sich die Entstehung solcher Wirbel gut beobachten. Abb. 14 zeigt die Ausbildung der Wirbel beim Anblasen einer Schneide bei zwei verschiedenen Abständen der Schneide von der Düse[20]). Hinter der Schneide war ein geschlossenes Rohr als Resonanzraum angeordnet.

Zusammenfassung.

Nach einer Übersicht über die in der Stroboskopie als gesteuerte Lichtquellen verwendeten Niederdruckentladungslampen wird über die Anwendung der Quecksilberhochdrucklampen berichtet. Da sich diese nicht zur Selbststeuerung eignen, mußten besondere Steuergefäße entwickelt werden. Für Lampen mit etwa 200 Torr Druck werden gittergesteuerte Glühkathodenrohre mit Wasserstoff oder Heliumfüllung verwendet, die kurzzeitig stark überlastbar sind. Ein mit einem derartigen Steuergefäß versehenes Stroboskop ist für fast alle stroboskopischen Beobachtungen und Untersuchungen geeignet. Zur Erzielung besonders hoher Lichtstärken insbesondere für die Herstellung stroboskopischer Filmaufnahmen wird eine Lampe mit etwa 6 at Druck verwendet, die über einen gittergesteuerten Quecksilberdampfgleichrichter mit flüssiger Kathode in Sonderausführung gesteuert wird.

[17]) H. Stein, Melliand Textilber. 20 (1939) S. 262.

[18]) Die Bilder wurden mir freundlicherweise von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt zur Verfügung gestellt.

[19]) H. Schardin, Z. VDI 78 (1934) S. 1351.

[20]) Die Aufnahmen wurden von J. Vastmann gemacht, der an der Entwicklung des Großstroboskops beteiligt war.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.57 : 621.33

Die Einführung des Wechselrichters in den praktischen Bahnbetrieb in Ein- und Zweigefäß-Schaltung. [Nach A. Leuthold, BBC-Nachr. 25 (1938) S. 156; 3 S., 5 Abb.]

Während man früher für die Nutzbremsung in Gleichstrom-Bahnanlagen nur umlaufende Umformer verwendete, sind seit der Einführung der Gittersteuerung hierfür auch Stromrichter genommen worden, wofür der Aufsatz einige Beispiele bringt. Zunächst wird grundsätzlich der Übergang von Gleichrichter auf Wechselrichter betrachtet. Da der Strom im Stromrichter nur in einer Richtung fließen kann, dieser sich beim Übergang vom Motorantrieb auf Bremsen jedoch umkehrt, müssen bei Verwendung eines Stromrichters Hauptpole und Gittersteuerung im Augenblick der Energieumkehr umgeschaltet werden. Man kommt infolge dieser Umschaltung mit dem gleichen Gefäß aus: „Eingefäß-Schaltung". Die Kennlinien des Stromrichters für Gleichrichter- und Wechselrichterbetrieb werden dabei durch die Gittersteuerung so eingestellt, daß der bei Nullstrom vorhandene Spannungsunterschied noch genügt, um ein Differentialrelais zum Einleiten der notwendigen Umschaltungen zum Ansprechen zu bringen.

Hat man in einem Gleichrichterwerk mehrere Stromrichtergruppen, so kann man von zwei Gefäßen das eine als Gleichrichter, das andere als Wechselrichter steuern und beide Gefäße parallel aufs Netz schalten. Jetzt ist eine Umschalteeinrichtung entbehrlich, da beim Bremsen der parallele Wechselrichter den Rückstrom aufnimmt: „Zweigefäß-Schaltung."

Der Wechselrichter kann zu Zeiten hoher Belastung, wo der Bremsstrom im Bahnnetz von den übrigen Triebfahrzeugen aufgenommen wird, auch als Gleichrichter für die Stromversorgung verwendet werden. Bei der Zweigefäß-Schaltung ist der Übergang von Energieabgabe zu Energieaufnahme vollkommen elastisch und ohne Stoß. Diese Schaltung hat sich in Anlagen, wo durch rangierende Züge häufiger Wechsel der Energierichtung auftritt, ausgezeichnet bewährt. Für beide Schaltungen (Eingefäß- und Zweigefäß-Schaltung) werden Beispiele angeführt.

Die unvollkommenere Eingefäß-Schaltung wurde in dem Gleichrichterwerk Cava dei Tirreni der italienischen Bahnen erprobt. Die Umschaltdauer durch ein Differential-Spannungsrelais betrug weniger als 1 s. Bei dieser Betriebsart war es jedoch notwendig, die Motoren der Lokomotiven beim Bremsen von einer auf der Lokomotive aufgestellten kleinen Umformergruppe zu erregen, damit beim Umschalten die Spannung am Fahrdraht nicht Null wurde. Die Eingefäß-Schaltung kommt für kleine Bahnanlagen in Frage.

Die Zweigefäß-Schaltung ist ausgeführt in den Gleichrichterwerken der südafrikanischen Bahnen Van Reenen und Colworth, die seit mehreren Jahren ununterbrochen in Betrieb sind. Die Leistungen betragen hier je Gleichrichter 1500 kW bei 3000 V.

Eine zweite Anlage, S. Viola-Bologna in Italien, ist insofern bemerkenswert, als hier die Stromversorgung von zwei Drehstromnetzen mit 50 und 42 Hz erfolgt, die über die Stromrichter auf der Gleichstromseite gekuppelt sind. Das Netz mit 50 Hz liefert über den Gleichrichter eine durch einen Leistungsregler einstellbare konstante Leistung. Wird diese Leistung nicht vom Bahnnetz verbraucht, so geht der Überschuß selbsttätig über den als Wechselrichter gesteuerten Stromrichter in das Netz mit 42 Hz.

Im Gleichrichterwerk Cava dei Tirreni der italienischen Bahnen sind drei Stromrichtergruppen je 2000 kW, 3000 V in Betrieb. Eine von diesen arbeitet normalerweise als Wechselrichter parallel zu den beiden anderen in Zweigefäß-Schaltung. Überschreitet die Bahnbelastung die Belastungsfähigkeit der beiden Gleichrichtergruppen, dann wird der Wechselrichter selbsttätig auf Gleichrichterbetrieb geschaltet, und umgekehrt wird bei Zurückgehen der Belastung wieder auf Wechselrichterbetrieb zurückgeschaltet. Diese Betriebsweise hat sich infolge der Anpassungsmöglichkeit für die Energierückgewinnung gut bewährt.

Die Versuche mit den ausgeführten Anlagen haben ergeben, daß man auch bei Gebirgsbahnen für die Nutzbremsung nicht mehr auf Umformer angewiesen ist, sondern den wirtschaftlicheren Stromrichter wählen kann. *W. Ng.*

DK 621.314.22.017.7

Beitrag zur Berechnung der Übertemperaturen in Transformatoren. [Nach A. Pasi, Energia elettr. 16 (1939) S. 17; 21 S., 25 Abb.]

Die Arbeit gibt einen Überblick über die Fragen der Temperaturverteilung in Kern, Wicklung und Kühlmittel von Transformatoren, zum Teil werden dabei neue Berechnungsverfahren vorgeschlagen. Vorausgesetzt wird der thermische Gleichgewichtszustand, also die Enderwärmung.

Zunächst wird der Wärmeaustausch durch Konvektion an einer senkrechten Kühlfläche behandelt. In der Grenzschicht steige das Kühlmittel mit gleichbleibender, wirbelfreier Geschwindigkeit auf, die Grenzschicht habe eine bestimmte Tiefe. Die Wärmeübertragung in senkrechter Richtung wird vernachlässigt. Dann ist:

$$v\,\gamma\,\frac{\partial t}{\partial h} = \lambda\,\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}\,,$$

wofür als partielle Lösung angegeben wird:

$$t = \frac{1}{2\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{k}{h}}\,e^{-\frac{x^2}{4}\left(\frac{k}{h}\right)}\,,$$

darin bedeuten: γ die spezifische Wärme, λ die Leitfähigkeit, v die Geschwindigkeit des Kühlmittels, h die Höhe, x der Wandabstand und t die Übertemperatur des betrachteten Punktes.

Für die weitere Untersuchung werden zwei wichtige Sonderfälle herausgegriffen:

Fall I: Übertemperatur t_1 der Wand über die ganze Höhe konstant, Feld der Wärmeübertragung unendlich tief,

Fall II: wie zuvor, jedoch Tiefe des Feldes der Wärmeübertragung gleich l, d. h. bei $x = l$ befindet sich eine wärmeisolierende Wand. Die Ergebnisse sind auf jede beliebig verlaufende Temperaturverteilung $t_1 = f\,(h)$ anwendbar (falls t_1 nach oben nicht abnimmt), indem man die Übertemperaturkurve in Rechtecke gleicher Breite und abnehmender Höhe zerlegt, die Temperaturverteilung für jede einzelne Übertemperatur-„Welle" ermittelt und anschließend die Summe bildet, Abb. 1. Die Fehler dieser Näherungslösung werden ausgeglichen, wenn man auf eine unendlich feine Zerlegung übergeht, was einfach graphisch ausgeführt wird.

Abb. 1. Angenäherte Zerlegung einer Übertemperaturkurve $t = f(h)$ einer senkrechten Wand in rechteckige „Einzelwellen". Breite = $t_1/5$ für 5 Teilwellen mit den Höhen h_I, h_{II}, h_{III}, h_{IV}, h_V.

Für verschiedene Formen der Übertemperaturkurve (rechteckig, dreieckig, parabolisch und zusammengesetzt), gekennzeichnet durch das Verhältnis x des arithmetischen Mittel-

Digitized by Google

wertes zum Höchstwert, werden abgeleitet: Übertemperatur der reflektierenden Wand s in Höhe h, Mittelwert δ hierzu bis zur Höhe h_1, mittlere Übertemperatur t_m der Grenzschicht zwischen $x = 0$ und l in Höhe h, Mittelwert τ hierzu bis zur Höhe h_1, Wärmeabgabe $P = \gamma\, v\, l\, t_m$ und als Funktion von h in allgemeiner Form in Kurven dargestellt. Die Kenntnis der Übertemperaturkurve wird also vorausgesetzt. In allen praktischen Fällen kann man damit auskommen. Die Annäherung genügt, da die wirkliche Übertemperaturkurve im allgemeinen nicht bekannt und auch einer genauen Berechnung kaum zugänglich ist. Ein umständlicheres Verfahren würde den Zeitaufwand nicht lohnen, zumal die Rechnungsunterlagen eine Reihe von Unsicherheiten enthalten.

Bei erzwungener Bewegung des Kühlmittels ist die Geschwindigkeit v bekannt. Für freie Strömung durch thermischen Auftrieb wird v aus den Strömungswiderständen ermittelt. Wirbelbildung in der Grenzschicht führt zu einer scheinbaren Erhöhung der Leitfähigkeit, der Einfluß wird durch eine Näherungsformel angegeben. Schwierig ist die Konvektion an waagerechten Flächen zu erfassen. Als treibende Höhe ist hier die Dicke der Grenzschicht einzusetzen, jedoch ist dieser Wert unbeständig. Ähnlich liegt der Fall für senkrechte Flächen geringer Höhe. Die Krümmung der Wicklungsoberfläche wird durch einen Korrekturfaktor berücksichtigt. Als praktisches Beispiel werden der Umlauf des Kühlmittels und die Verteilung der Erwärmung an einem Öltransformator besprochen.

Für den Wärmeaustausch durch Strahlung ist bei Körpern von einander ähnlichen Abmessungen auch die Reflexion des kälteren Körpers zu berücksichtigen. Sonst genügt die meist benutzte Formel mit der Strahlungszahl des zu kühlenden Bauteils. Bei ungleichmäßiger Temperaturverteilung ist einfach der arithmetische Mittelwert einzusetzen.

Die innere Wärmeleitung wird an isolierten Spulen untersucht. Dabei hat man mit einem geschichteten Körper zu rechnen: Kupferleiter als Wärmequelle mit vernachlässigbarem Wärmewiderstand, dazwischen Isolierschichten, deren Leitfähigkeit etwa $^1/_{1000}$ des Kupfers beträgt. Von der thermischen Achse mit der höchsten Übertemperatur ausgehend nimmt das Temperaturgefälle in den einzelnen Isolierschichten nach außen rasch zu, da die zu übertragende Wärmemenge wächst. Für regelmäßigen Spulenaufbau lassen sich einfache Formeln angeben, wenn die Wärmeübertragung nur in einer Richtung stattfindet. Bei Ungleichmäßigkeiten in Wicklungsaufbau oder Lastverteilung muß man abschnittsweise rechnen oder zur graphischen Lösung greifen. Wenn die Außenflächen verschiedene Übertemperatur haben, so rechnet man getrennt die Wärmeabfuhr aus der Wicklung und die Wärmeübertragung infolge des äußeren Temperaturunterschiedes durch die ganze Wicklung. Die Überlagerung der Ergebnisse zeigt eine Verschiebung der thermischen Achse nach der wärmeren Wandseite zu und eine Erhöhung der mittleren Übertemperatur in der Wicklung. Für die Wärmeabfuhr nach zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen erhält man eine Vielzahl von Gleichungen. Stattdessen kann man für praktische Aufgaben eine einfache Näherungsformel anwenden. Die äußere Wärmeabgabe setzt sich zusammen aus Strahlung, Konvektion und evtl. Wärmeleitung.

Danach gibt der Verfasser eine spezielle Auswertung der angegebenen Konvektionsformeln auf Luft, Wasser und Öl als Kühlmittel. Die Behandlung des Wärmeaustausches zweier Kühlmittel über eine Trennwand wird nur angedeutet.

Bei Trockentransformatoren entspricht der Verlauf der Übertemperatur der äußeren Wicklung meist dem Mittelwert $x = 0{,}9$, für innere Wicklungsteile ist $x = 0{,}8$. Hier wird die Wärmeabfuhr in Kanälen und von Wicklungen nach innen und außen angenähert berechnet. Schwieriger ist die Nachrechnung des Eisenkernes, man rechnet wie für geschichtete Leiter, die Leitfähigkeit in Schichtrichtung ist etwa 7mal so groß, wie senkrecht zu den Blechen. Die Übertemperatur von Joch und Schenkel kann man getrennt ermitteln; wenn aber die Übertemperatur des Schenkels (meist $x = 0{,}85$) merklich höher liegt gegenüber dem Joch, so ist die Wärmeabfuhr nach dort auch zu berücksichtigen.

Schließlich wird noch der Öltransformator besprochen. Im Innern wird $x = 0{,}8$ zu setzen sein, die Außenwand hat $x = 0{,}5$. Die Kastenwand wird als freie Oberfläche oder als Kanal behandelt. Die Höhe der wärmeabgebenden Wand wird im allgemeinen von der Unterkante der inneren Kühlfläche aus gemessen. Mit den gegebenen Formeln läßt sich für den Entwurf der notwendige Ölkasten ermitteln, oder umgekehrt erhält man die zulässigen Verluste für einen bestimmten Transformatorkessel. *Dr. Az.*

DK 621.316.86.001.4

Prüfung von selbsttätigen Anlaßwiderständen. [Nach Sergio Ansaloni u. Ettore Giardino, Istit. Electr. Naz. Gal. Ferraris, Heft Nr. 32; 7 ½ S., 6 Abb.]

Das Verhalten der seit einiger Zeit in den Handel gebrachten selbsttätigen Anlaßwiderstände unter verschiedenen Betriebsbedingungen wurde von den Verfassern eingehend untersucht. Es handelt sich bei diesen Widerständen[1]) bekanntlich um aus einer besonderen Siliziummischung bestehende Widerstandsstäbe, die einen stark negativen Temperaturkoeffizienten haben. Nach Einschalten eines solchen Widerstandes muß daher der hindurchgehende Strom mit zunehmender Erhitzung des Widerstandes zunehmen, bis ein durch die Endtemperatur des Widerstandsstabes und durch andere in dem Kreis befindliche Widerstände bedingter Grenzwert erreicht ist. Von den Verfassern wurde nun im besonderen an verschiedenen Typen solcher Widerstände gemessen 1. der jeweilige Zusammenhang zwischen Strombelastung und Widerstand, $R = f(I)$, und 2. die Temperaturabhängigkeit der Widerstände, $R = f(t)$. Diese letztere Messung wurde in der Weise ausgeführt, daß die Widerstandsstäbe durch elektrische Erhitzung auf die in Dauerbelastung auftretende Endtemperatur von 800° C erhitzt wurden, und dann nach Abschalten der zeitliche Wiederanstieg ihres Widerstandes gemessen wurde. Die Meßdaten sind in Form von Kurven sowie in einer übersichtlichen Tafel zusammengestellt. *Bmk.*

DK 621.385.032.24 : 621.316.5

Bogenlöschung durch Doppelgitter. [Nach J. Watanabe u. H. Kasahara, Electrotechn. J. Tokio 3 (1939) S. 51; 5 S., 13 Abb.]

J. Watanabe und H. Kasahara gelang es, das von M. Steenbeck angegebene Verfahren[2]) der Bogenlöschung durch Doppelgitter wesentlich zu verbessern. Steenbeck ordnet vor der Anode ein Doppelgitter in einem Zwischenabstand an, der kleiner als die mittlere freie Elektronenweglänge ist. Legt er an dieses eine negative Spannung, so wird die Ionisation im Gitterzwischenraum unterbunden, und es tritt eine Verarmung an positiven Ionen ein. Die Verfasser bringen nun die der Kathode zugekehrte Gitterelektrode an Kathodenpotential und geben lediglich auf das der Anode zugekehrte Gitter negatives Potential. Hierdurch erreichen sie ein Löschen des Bogens bei wesentlich geringeren Gitterströmen. Dieses neue Verfahren wird an 20 verschiedenen Prüfrohren untersucht und dabei eine obere Frequenzgrenze gefunden, bei der die Löschung noch gelingt. Diese liegt bei 10 kHz. *Stl.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.626.015.52

Überschlags-Charakteristiken von Kondensatordurchführungen für Transformatoren. [Nach H. L. Cole, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect., S. 27; 7 S., 10 Abb.]

Der Verfasser gibt eine eingehende Darstellung der verschiedenen Prüfungen, denen Kondensatordurchführungen beim Hersteller unterworfen werden müssen, um ihre Eignung für den praktischen Betrieb zu erweisen. Die Mehrzahl der im folgenden aufgeführten Prüfungen muß getrennt vom eigentlichen Transformator erfolgen, wobei das untere Ende der Durchführung in ein ausreichend bemessenes Gefäß mit Öl zu hängen ist. Die Prüfungen sind die folgenden:

1. Die Trockenüberschlagspannung bei 60 Hz ist auf normale Luftdichte und -feuchtigkeit umzurechnen.

2. Die Bestimmung der Überschlagspannung unter Regen von 3 mm/min mit 45° Einfallswinkel wird mit Wasser von 83 μScm^{-1} vorgenommen. Für abweichende Wasserleitfähigkeiten wird folgende Umrechnungstafel angegeben:

μScm^{-1}	Umrechnungsfaktor	μScm^{-1}	Umrechnungsfaktor
333	1,28	125	1,04
250	1,19	100	1,02
200	1,13	83	1,00
167	1,10	50	0,99

Die gemessene Überschlagspannung, multipliziert mit dem Umrechnungsfaktor, gibt die Überschlagspannung bei 83 μScm^{-1}.

Die Prüfungen 1. und 2. sind Typenprüfungen.

3. 1 min-Stückprüfung erfolgt bei 75 bis 90% der Spannung unter 1. und dient zur Überwachung der Herstellung und der Güte der Baustoffe.

[1]) Von der Willigen, Rev. Techn. Philips (1936) S. 205.
[2]) M. Steenbeck, Jap. Pat. Nr. 114 603 (1936).

Digitized by Google

4. 10 s-Regenprüfung erfolgt bei 75 bis 90% der Spannung unter 2., diese Prüfung erscheint dem Verfasser überflüssig.

5. Verlustzahlmessung und Kapazitätsmessung dienen zur Beurteilung der Güte der Isolation und werden als Stückprüfung ausgeführt.

6. Die Erwärmungsprüfung dient als einmalige Modellprüfung bei der Entwicklung zur Festlegung des Durchmessers des leitenden Innenbolzens. Das untere Ende wird hierbei in heißes Öl getaucht, das obere befindet sich in heißer Luft.

7. Dauerdurchschlagspannung, Unterteil in 100° warmem Öl, Oberteil in 100° warmer Luft. Hierbei soll sich der Mittelteil der Durchführung nicht zu stark erwärmen.

8. Prüfung auf Radiostörungen. Die Normung einer solchen Prüfung wird z. Z. in den V.S.Amerika erwogen, ein gemischter Ausschuß wird Vorschläge machen.

9. Die Stoßüberschlagsprüfung wird mit 50%-Stoßüberschlagspannung durchgeführt. Diese Spannung soll so liegen, daß die Isolation der Wicklung des Transformators nicht gefährdet wird. Sie ändert sich innerhalb der üblichen Grenzen proportional der Luftdichte. Gegenüber 100% rel. Luftfeuchtigkeit liegt die 50%-Stoßüberschlagspannung unter Regen nur 2 bis 3% tiefer.

10. Die Verzögerungskennlinie erlaubt die Beurteilung, inwieweit die Durchführung das Innere des Transformators zu schützen vermag.

11. Überschlag in Wellenstirn von 1000 bis 2000 kV/μs Steilheit. Es ist aus drei Gründen wichtig, diese Spannung zu kennen: a) welchen Schutz erfährt die Durchführung selbst durch Überspannungsableiter bzw. Parallelfunkenstrecken? b) welchen Schutz übt die Durchführung selbst auf die Transformatorwicklung aus? c) wie groß ist die Sicherheit der Durchführung gegen Innendurchschlag?

12. Stoßdurchschlagspannung der Durchführung. Die Kenntnis dieses Wertes ist für Konstruktion und Anwendung erforderlich. Die Durchführung wird hierbei völlig unter Öl getaucht.

Kondensatordurchführungen und Stabfunkenstrecken: Die Überschlagspannung der Durchführung hängt stark von der Feldausbildung zwischen den Kappen und dem geerdeten Flansch ab. Liegt der positive Pol an der Stelle der höheren Felddichte, so erfolgt der 50%-Stoßüberschlag positiv bei kleinerer Spannung als negativ. Der Überschlag bei 60 Hz erfolgt an diesem Punkte stets im positiven Pol. Bei einer Spitze/Platte-Funkenstrecke erniedrigt ein scharfer hervorstehender Teil an der Platte die Stoßüberschlagspannung bei negativer Spitze. Eine Kugel/Platte-Funkenstrecke hat bei 60 Hz und Stoß bis zu Schlagweiten von 3,5fachem Kugeldurchmesser eine höhere Überschlagspannung als eine Spitze/Platte-Funkenstrecke gleich großer Schlagweite. Bei größererSchlagweite liegt Kugel/Platte tiefer als Spitze/Platte. Kondensatordurchführungen ähneln in ihrem Verhalten mehr oder weniger einer dieser beiden Arten von Funkenstrecken.

Bemerkenswerten Einfluß übt nach Untersuchungen des Verfassers die Länge der Stufen zwischen den einzelnen Belagenden der Kondensatoreinlagen auf die Überschlagspannungen bei 60 Hz und bei Stoß aus. Bei gleich großen Stufen ist die Überschlagspannung merkwürdigerweise kleiner als bei kleinen Stufen am Flansche und großen nach den Enden der Durchführung zu. Dieser Unterschied beträgt z. B. bei einer 100 kV-Durchführung bei positivem Stoß rd. 15 bis 25% und bei 60 Hz 15%. Die positive 50%-Stoßüberschlagspannung liegt höher als die negative. (Der Sachberichter bemerkt hierzu, daß diese Feststellung keine allgemeine Gültigkeit hat. Sechs verschiedene, von ihm untersuchte Versuchsdurchführungen für 60 kV, deren Beläge in ähnlicher Weise axial ungleichmäßig abgestuft waren, zeigten bei 50 Hz eine Überschlagspannung von 85 bis 122 kV, während normale 60 kV-Durchführungen mit gleichmäßiger axialer Abstufung der Beläge eine Überschlagspannung von 170 bis 190 kV aufweisen. In diesem Falle brachte also die ungleichmäßige Abstufung nicht nur keine Verbesserung, sondern im Mittel ein Zurückgehen der Überschlagspannung auf 58%.) Die Überschlagspannung einer Kondensatordurchführung läßt sich in der positiven und der negativen Polarität durch Anwendung geeigneter Stabelektroden beliebig beeinflussen und steuern. Die positive Überschlagspannung wird durch Anbringen einer Stabelektrode am Kopf und die negative durch ebensolche am Flansch erniedrigt. Beide Stabelektroden werden um 180° gegeneinander versetzt angeordnet. Die Kopf- und Fußarmaturen verhalten sich als Funkenstrecke ähnlich wie die oben bereits erwähnte Anordnung Kugel/Platte bzw. Spitze/Platte. Die Kappendurchmesser der Durchführungen liegen hierbei etwa zwischen 100 und 400 mm. Der Verfasser gibt die Überschlagspannung bei 60 Hz in Form von zwei Schaulinien trocken und unter Regen in Abhängigkeit der Schlagweite einer am Kopf der Durchführung angebrachten Stabelektrode zur geerdeten Flanschplatte bzw. von einer aus dem Flanschblech herausragenden Spitze bis zur Kappe an. Die 50%-Stoßüberschlagspannung in positiver Polarität und negativer bei Überschießen mit 2 μs Zeitverzug bis zum Überschlag wird ebenfalls im Schaulinienbild angegeben. Die Streuung der Einzelwerte hält sich hierbei in mäßigen Grenzen. Die Frage der zweckmäßigen Ausbildung der Sicherheitsfunkenstrecken an Durchführungen ist in den letzten Jahren stark umstritten gewesen. Dem Verfasser erscheint es wichtiger, eine Stabelektrode am Flansch der Durchführungen anzubringen, welche die negative Stoßüberschlagspannung stark herabsetzt, als eine solche an der Kopfkappe der Durchführung. Die am Flansch angebrachte Stabelektrode vermindert die Streuung der Meßwerte der Überschlagspannung und verhindert, daß Überschläge zu anderen Teilen oberhalb des Transformatordeckels auftreten können, wie z. B. zu benachbarten Durchführungskappen. Ohne die Anwendung der Stabelektroden würde die positive Stoßüberschlagspannung 5 bis 10% und die negative 25 bis 50% höher liegen. Der Verfasser hat in den letzten drei Jahren nur zwei Überschläge an neuzeitlichen Transformatoren mit derartigen Funkenstrecken beobachtet.

Die obigen Ausführungen, die auf der Sommertagung 1938 des AIEE in Washington vorgetragen wurden, hatten eine lebhafte Aussprache zur Folge. Ein Betriebsmann und die Vertreter der GEC traten dafür ein, die Parallelfunkenstrecken von den Transformatordurchführungen etwas entfernt in der Anlage anzubringen, teils sprachen sie ihnen ein Schutzvermögen gegenüber steil auftreffenden Stoßwellen vollkommen ab. Dagegen haben die Vertreter von Westinghouse auf Grund von Laboratoriumsversuchen und praktischen Erfahrungen im Betriebe die Ansicht des Vortragenden bestätigt gefunden. Durch geeignete Formgebung der Stabelektroden ließen sich die Lichtbögen des nachfolgenden Betriebsstromes ausreichend sicher von der Porzellanoberfläche der Durchführungen fernhalten. *W. Es.*

Elektrische Maschinen.

DK 620.171 : 621.313.045.8

Werkstoffeigenschaften langjährig bewährter Stahldrahtbandagen eines Einankerumformers. [Nach K. Daeves, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 211; 1½ S., 0 Abb.]

Zur Nachprüfung der Wirksamkeit der Abnahmevorschriften als Mittel zur Trennung von Brauchbarem und Unbrauchbarem sind nachträgliche Untersuchungen langjährig gut bewährter Teile auf übliche Prüfeigenschaften nützlich. Eine derartige Untersuchung von Anker-Bandagen-Drähten ergab normale chemische Zusammensetzung, Zugfestigkeit und Verwindungen, aber gegenüber den heutigen Vorschriften wesentlich niedrigere Werte für Dehnung (0,5% statt 3%) und Biegungen (5 statt 9 bzw. 10). Da die Drähte in diesem Zustand normalen Betriebsbeanspruchungen langzeitig entsprochen haben, ist es zweifelhaft, ob eine Unterschreitung der in der DIN-Vornorm vorgesehenen Werte für Dehnung und Biegungen einen ungeeigneten Werkstoff kennzeichnet. Man sollte für diese Eigenschaften diejenigen Zahlenwerte als Grenzen vorschreiben, innerhalb derer etwa 98% eines normalen Werkstoffs entsprechender Eignung liegen.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.32.029.5

Die Messung von hochfrequenten Spannungen an Kollektormaschinen. [Nach E. Paolino, R. Ist. El e. d. Com. d. Marina, Nr. 139; 24 S., 22 Abb.]

Der Verfasser beschreibt eine Einrichtung, mittels welcher im Gebiet langer und mittlerer Wellen Hochfrequenzspannungen, die mit einer akustischen Frequenz moduliert sind, gemessen werden können. Mittels der Vorrichtung ist im besonderen auch leicht die Kontrolle der oft in Generatoren auftretenden parasitären Spannungen möglich. Weitere praktische Anwendungen der neuen Meßeinrichtung werden angedeutet und teilweise auch näher erörtert. Es seien hier nur noch erwähnt die wichtige Fernhaltung der von der Maschine herrührenden Störungen von dem eigentlichen Radiosender, die Prüfung des völlig gleichmäßigen Arbeitens von zwei hintereinandergeschalteten Generatoren und die Messung des elektrischen Feldes einer Antenne. *Bmk.*

Digitized by Google

DK 621.385.2 : 621.317.761.029.6

Grenzen der Anwendung des Dynatrons zur Messung hoher Frequenzen. [Nach Ettore Viti, Istit. Electr. Naz. Gal. Ferraris, Heft Nr. 40; 17 S., 6 Abb.]

E. Vitti behandelt das auf der Anwendung des Dynatrons beruhende Latmiral-Vecchiacchische Verfahren der Frequenzmessung und erläutert insbesondere an einem besonderen Anwendungsbeispiel, wie man die durch die innere Kapazität zwischen den Elektroden und durch die elektrische Verluste bedingten Fehler eliminieren kann. Ferner wird nach einem analytischen Verfahren untersucht, innerhalb welcher Frequenzgrenzen die Selbstinduktion und die gegenseitige Induktion der Verbindungen zwischen den Elektroden auf die Ergebnisse ohne Einfluß ist. Es zeigt sich danach, daß diese letzteren störenden Wirkungen vollkommen vernachlässigt werden können, solange die Arbeitsfrequenz nicht etwa den halben Wert der inneren Resonanzfrequenz der Dynatronröhre übersteigt. Solange dies der Fall ist, wird die Genauigkeit des Verfahrens nur durch die Fehler beeinträchtigt, die auch bereits bei niedrigen Frequenzen auftreten. Die innere Resonanzfrequenz der Dynatronröhre muß von Fall zu Fall bestimmt werden und liegt bei gewöhnlichen Röhrentypen zwischen etwa 100 bis 300 MHz, so daß also das Verfahren im allgemeinen bis zu 50 bis 150 MHz angewendet werden kann. Allerdings ist es bei derart hohen Frequenzen außerdem notwendig, den Einfluß der Laufzeit der Elektronen zu berücksichtigen. *Bmk.*

Elektrisches Prüfamt 67. — Der von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle ist die Genehmigung erteilt worden[1]), als Elektrisches „Prüfamt 67" amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar mit Gleichstrom bis 300 A 600 V, mit Wechsel- und Drehstrom bis 100 A 600 V.

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung[2]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zu Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reich zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden:

I. System 204, die Formen AB8*, AB82*, AB8e*, AB82e*, AB8i* und AB82i*, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

II. Zusatz zu System 204, die Formen AB8*, AB82*, AB8e*, AB82e*, AB8i*, und AB82i*, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, sämtlich hergestellt von der Firma Danubia A.-G. in Wien.

Berlin-Charlottenburg, den 29. August 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Mit der Wahrnehmung der Geschäfte beauftragt:
A. Esau

DK 621.314.222.3

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung[3]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) sind die folgenden Spannungswandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reich zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden:

System 47, die Formen BSDOU 10/0,5 und BSDOU 20/0,5, Spannungswandler für dreiphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Koch & Sterzel Aktiengesellschaft in Dresden.

Berlin-Charlottenburg, den 23. September 1939.

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1461.
[2]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1431. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.
[3]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1457. Zentralblatt für das Deutsche Reich, Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

DK 621.314.222.3

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) sind die folgenden Spannungswandlerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reich zugelassen und ihnen die beigesetzten Systemzeichen zuerteilt worden:

I. System 48, die Formen BUF 10/0,5, BFUF 10/0,5, BUF 20/0,5, BFUF 20/0,5, BUF 30/0,5 und BFUF 30/05, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom,

II. System 49, die Formen BUF 20/0,2, BFUF 20/0,2, BUF 30/0,2, und BFUF 30/0,2, Spannungswandler für einphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der Koch & Sterzel Aktiengesellschaft in Dresden.

Berlin-Charlottenburg, den 9. Oktober 1939.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
In Vertretung Möller

Lichttechnik.

DK 628.971.6

Die Fundamente der Lichtmaste der Ost-West-Achse in Berlin. [Nach E. von der Trappen, Z. VDI 83 (1939) S. 468; 3 S., 9 Abb.]

Während die Anforderungen, Entwurfsgesichtspunkte und Ausführung der elektrischen Straßenbeleuchtung für die rd. 50 m breite, 7,1 km lange Feststraße mit 707 Brennstellen, 6 m Lichtpunkthöhe und einer mittleren Bodenbeleuchtungsstärke von 40 lx eingehend in dieser Zeitschrift[2]), über die beleuchtungstechnischen Grundlagen und architektonischen Gesichtspunkte dieser Straßenbeleuchtung[3]) berichtet wurde, werden Beispiele für die Ausführung der Lichtmastfundamente, die Brennstellengestaltung und Leuchtenform angegeben. Der verwendete zweiarmige Lichtmast hat 6,6 m Bauhöhe und 5,83 m mittlere Lichtpunkthöhe; der achteckige Stahlmast steht meist auf einer Grundplatte aus Granit. Die Leuchten selbst sind 1,35 m hoch; die Glashöhe beträgt 0,84 m bei 0,54 m Dmr. Das Mastgewicht ist 750 kg. Die Aufstellung der Maste erfolgte nach einem Nivellement, wodurch eine wellenfreie Linie der Lichtpunktreihen erreicht wurde. Die Fundamente wurden ausreichend bemessen, um den hohen Beanspruchungen durch Gewicht, Winddruck, belastende Personen u. a. gewachsen zu sein. Meist wurden Betonsockel, auf Brücken und über Rohrleitungen teilweise Eisenträgerfundamente auf Betonsockeln verwendet. Durch Rostschutz-, Deck- und Farbanstriche wurden Masten und Leuchten vor Rost geschützt. Vor der Mastaufstellung wurden die Kabelanschlüsse nach einer Schablone hergestellt. die endgültige Klemme besteht aus Porzellan. An der Probestrecke am Kaiserdamm mit Versuchsleuchten aufgenommene Isoluxkurven zeigen insbesondere über der Fahrbahn und dem Mittelstreifen die gewünschte gleichmäßige Ausstrahlung der verwendeten Spiegelleuchten mit Lichtstromrichtung. *Tsch.*

Elektrowärme.

DK 621.365.2

Aus der Praxis des Lichtbogenofens in Amerika. [Nach M. Farnsworth u. E. R. Johnson, J. Four Electr. 48 (1939) H. 1, S. 18; 2 S., 2½ S.]

In den meisten Fällen erfolgt die Erzeugung von Stahlblöcken im basischen, die von Stahlguß im sauren Lichtbogenofen. Es gibt Öfen bis zu 100 t Inhalt; die üblichsten Ofengrößen sind die von 6, 15 und 25 t. Die Zustellung des Herdes auf einem großen Werk ist stets eine Quelle von Schwierigkeiten, die noch nicht vollkommen überwunden sind. Die Frage des Lagerns und Förderns der Einsatzstoffe spielt zwar eine gewisse Rolle, doch wird die Frage der Beschaffenheit des Schrottes noch zu sehr vernachlässigt. Man führt die Schmelzung schnell durch unter Verwendung der höchsten Spannung während der ersten 1½ h,

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1461. Zentralblatt für das Deutsche Reich, Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.
[2]) ETZ 60 (1939) H. 16, S. 467.
[3]) ETZ 60 (1939) H. 16, S. 487.

Digitized by Google

geht dann im Interesse der Erhaltung des Gewölbes auf eine mittelstarke Spannung über, sobald der Einsatz zum Teil geschmolzen ist, um schließlich die niedrigste Spannung einzustellen, wenn der ganze Inhalt geschmolzen ist. Die Endschlacke besteht aus Kalk, Sand, Flußspat und einer für die Bildung von Kalziumkarbid genügenden Koksmenge. Die Menge des eingeführten Kalkes beträgt 2% des Gewichtes des Schrotteinsatzes. Die Anteile an Sand und Flußspat müssen eine schnelle Schlackenbildung sichern; eine zu große Schlackenmenge schadet dem Wärmeaustausch des Bades. Der Schwefelgehalt bleibt in der Regel unter 0,015%. Sobald die Schlackenwirkung gleichmäßig geworden ist, werden Proben genommen. Nach Mitteilung des Prüfergebnisses durch das Laboratorium werden Nickel und Ferro-Molybdän zugesetzt. Vor dem Zusetzen von Ferro-Chrom muß das Bad sehr heiß sein. Mangan und Silizium werden unmittelbar vor dem Abstich eingeführt. Bezüglich der Gießtemperatur richtet man sich nach dem Aussehen der Erstarrung einer dünnen Probe auf einem Schöpflöffel. Die Daten einiger amerikanischer Lichtbogenöfen für Stahlwerke sind:

Inhalt	Transformator	Spannung			Durchmesser der Graphitelektroden
		höchst	mittl.	mind.	
t	kVA	V			mm
25	10 000	240	180	180	450
15	4 500	220	170	110	350
6	2 800	180	—	110	300

Kp.

Verkehrstechnik.

DK 621.335.42.07-592.5 : 621.337.5

Elektrisch gesteuerte Triebwagenbremsen. [Nach Röbling, Org. Fortschr. Eisenbahnw. 94 (1939) S. 111; 3 S., 6 Abb.]

Bei allen elektrischen Triebwagen und dieselelektrischen Schnelltriebwagen der deutschen Reichsbahn wird eine elektrisch gesteuerte Druckluftbremse verwendet, die den Vorteil hat, daß auch bei beliebiger Zuglänge alle Bremsen gleichzeitig einsetzen und eine feine Abstufung beim Bremsen und Lösen möglich ist. Die Bremse kann elektrisch oder pneumatisch gesteuert werden. Die bei der pneumatischen Bremssteuerung erforderlichen Einrichtungen sind beibehalten, aber der unter dem Hauptluftleitungsdruck von 5 at stehende Hilfsluftbehälter ist über ein elektrisches Bremsventil und ein Doppelrückschlagventil mit dem Bremszylinder verbunden. Ein elektrisches Löseventil verbindet bei Erregung der Spulen den Bremszylinder mit der Außenluft. Das bisher übliche Führerbremsventil ist mit einer zusätzlichen elektrischen Kontakteinrichtung versehen, die durch eine Klinke im Handgriff bedient wird. Für die Luftdrucksteuerung sind die üblichen 6 Stellungen beibehalten, aber für die Fahrstellung sind zwei Rasten vorgesehen. Während die pneumatische Steuerung in diesen Stellungen unwirksam ist, werden beim Drücken der Klinke auf der ersten dieser Stellungen alle elektrischen Löseventile des Zuges, bei Betätigung der Klinke in der zweiten Fahrstellung alle elektrischen Bremsventile betätigt. Durch mehr oder weniger langes Andrücken der Klinke kann die Bremskraft in kleinsten Stufen gesteigert oder gelöst werden. Unabhängig von dieser elektrischen Steuerung kann die pneumatische Betätigung wie üblich vor sich gehen, auch bleibt die selbsttätige Schnellbremswirkung bei plötzlicher Entlüftung der Hauptluftleitung durch Ziehen der Notbremse oder bei Zugtrennung erhalten. Die elektrischen Steuerleitungen werden meist durch Batterien gespeist, da sie dann auch bei Unterbrechung der Hauptstromzufuhr betriebsfähig bleiben. Bei den neueren dreiteiligen Wechselstromtriebwagen wird auch die Schnellbremsung elektrisch gesteuert, hierzu ist ein elektrisches Druckminderventil erforderlich. Man erreicht so auch bei den höchsten Geschwindigkeiten durch das gleichzeitige Ansprechen aller Bremsen eine Verkürzung des Bremsweges. *Dt.*

DK 621.335.2-832

Dampfelektrische Lokomotive der Union-Pacific-Bahn. [Nach W. D. Bearce, Gen. electr. Rev. 42 (1939) S. 87; 5 S., 6 Abb.]

Für den Schnellzugsverkehr zwischen Chikago und der pazifischen Küste, einer Strecke mit Steigungen bis zu 22‰, Höhen bis 2450 m über dem Meeresspiegel und Temperaturschwankungen zwischen — 40° und + 46°C, wurde eine neuartige Stromlinienlokomotive für 200 km/h Höchstgeschwindigkeit und einer Leistung von 3720 kW in Dienst gestellt. Beim Bau der Antriebsausrüstung wurden die Erfahrungen neuzeitlicher Kraftwerke bezüglich besten Wirkungsgrades mit denen des Schiffbaues bezüglich der Leichtbauweise vereinigt. Die Lokomotive besteht aus zwei gleichen Einheiten der Bauart 2 Co — Co 2, hat also insgesamt 12 angetriebene Achsen. Sie kann als elektrische Lokomotive angesprochen werden, die ihr vollständiges Dampfkraftwerk mit sich führt. Jede Einheit enthält einen Kessel, eine Hoch- und eine Niederdruckturbine, einen Kondensator, einen Gleichstromgenerator und sechs Antriebsmotoren sowie die Hilfs- und Steuereinrichtungen. Der ölgefeuerte Röhrenkessel mit erzwungenem Wasserumlauf ist für einen Dampfdruck von 105 at gebaut, der Dampf wird auf 490°C überhitzt. Das in den Kondensatoren niedergeschlagene Wasser wird in stetem Umlauf wieder verwendet. Durch ein Fassungsvermögen des Ölbehälters von 11300 l ergibt sich ein Fahrbereich von 800 bis 1200 km ohne Halt zur Wasser- oder Brennstoffaufnahme. Die Turbine treibt den Doppelanker-Generator über ein Zahnradgetriebe mit dem Übersetzungsverhältnis 10 : 1. Mit diesem Generator sind der Erregergenerator und ein Drehstromgenerator für 220 V gekuppelt. Letzterer liefert die Antriebsleistung für die Lüfter der Klimaanlagen des Zuges und der Fahrmotoren. Die Lüfter für die Verbrennungsluft und die Pumpen für das Speisewasser und das Brennöl werden von einer Hilfsturbine angetrieben, die mit Abdampf der Hauptturbine gespeist wird und deren Drehzahl sich selbsttätig dem Bedarf anpaßt. Zum Anfahren ist sie mit einem von der Batterie gespeisten Hilfsmotor gekuppelt. In einem besonderen vom Heißdampf durchströmten Röhrenkessel wird Niederdruckdampf für die Zugheizung, die Luftverdichterturbine und die Vorwärmung des Brennöles erzeugt. Die elektrische Steuerung ist sehr einfach, durch den Führerschalter wird der Erregerstrom des Generators geändert. Gleichzeitig können die sechs Tatzenlagermotoren in Reihe, reihenparallel und parallel geschaltet werden. Es ist elektrische Bremsung vorgesehen, wobei die Motorfelder von dem Erregergenerator des Hauptmaschinensatzes erregt werden. Ein Umformer mit Drehstrom-Antriebsmotor liefert in Verbindung mit einer Batterie 125 und 64 V Gleichspannung für kleinere Hilfsantriebe und die Zugbeleuchtung. Das Betriebsgewicht einer Lokomotiveinheit beträgt 240 t bei einer Länge von 27,5 m, über den Puffern gemessen. Die Vorteile dieser turboelektrischen Lokomotive sind der gegenüber normalen Dampflokomotiven etwa doppelt so große thermische Wirkungsgrad, Ersparnisse an Bremsschuhen und Radreifen durch die elektrische Bremsung, große Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung und Vermeidung hin- und hergehender Antriebsteile mit dadurch bedingter Schonung der Lokomotivbauteile und der Gleisanlagen. *Dt.*

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 621.944

Aus der Entwicklung der elektrischen Walzwerksantriebe. [Nach M. Fischer, Stahl u. Eisen 59 (1939) S. 186; 10½ S., 15 Abb.]

Auf der Gemeinschaftssitzung des Walzwerks- und Maschinenausschusses im November 1938 in Düsseldorf schilderte M. Fischer den Werdegang des elektrischen Walzwerkantriebes seit den vor 35 Jahren von C. Köttgen erfolgten Lösungsvorschlägen bis zur Jetztzeit. Bei durchlaufenden Walzenstraßen hatte der elektrische Antrieb bald die Dampfmaschine und den Gasmotor überflügelt, bei Umkehrantrieben hatte man Bedenken wirtschaftlicher Natur. Erst 1906 wurde der erste Ilgnersatz mit einem Umkehrmotor mit 78 tm Abschaltleistung auf der Hildegard-Hütte in Trzynietz in Betrieb genommen. Größere Anstichquerschnitte, höhere Walzgeschwindigkeiten und Stundenleistungen führten zu gesteigerten Arbeitsleistungen und zur Vervollkommnung des Ilgnersatzes durch Gewichts- und Raumersparnis, ferner zur Verkürzung der Anlaß- und Umsteuerzeit. Wirtschaftliche Erwägungen bei schweren Walzwerksgetrieben förderten die Anwendung schnellaufender Motoren und pfeilverzahnter Getriebe. Für die Bemessung der Antriebsmotoren sind bekanntlich das Spitzendrehmoment und das Effektivmoment, d. i. der quadratische Mittelwert aus dem bei den einzelnen Stichen auftretenden Drehmoment und dem Leerlaufmoment, maßgebend. Das Effektivmoment darf mit Rücksicht auf die Erwärmung der Isolation das Nenndrehmoment nicht überschreiten. Hierbei muß genügend Überlastungsmöglichkeit vorgesehen werden, die für den Motor nach R.E.M. 100% betragen soll, derart, daß das vom Motor abzugebende Höchstdrehmoment den doppelten Wert des Nenndrehmomentes aufweist und höhere Spitzen

Digitized by Google

durch das Schwungrad übernommen werden. An Beispielen wird der Einfluß verschiedener Schwungräder auf die Spitzenbelastung des Motors und die Zentrale gezeigt. Beispielsweise beträgt die höchste Stichleistung beim Walzen von 5,2 mm bzw. 3 mm starken Platinen ohne Schwungrad 4700 bzw. 5200 kW, mit einem Schwungrad von 2300 tm² 3000 bzw. 3600 kW und bei 4330 tm² 1820 bzw. 2480 kW.

Um die sich bei so hohen Schwungmassen ergebenden langen Auslaufzeiten von 12 bis 15 min abzukürzen, müssen Bremseinrichtungen durch Veränderung des Läuferkreiswiderstandes oder durch Gleichstrom vorgesehen werden. Bei Gleichstrombremsung können Antriebe beispielsweise in 46 s stillgesetzt werden. Auf dem Gebiete der Umkehrantriebe wurden einfach bedienbare, vollkommen betriebssichere Anlagen hoher Leistungen mit vergleichsweise geringem Gewicht und Raumbedarf erzielt. Die Leonardsteuerung wurde weiter verbessert, um die Anlaß- und Umsteuerzeiten, die beim elektrischen Antrieb größer als bei Dampfantrieb sind, zu verkürzen. Durch Schnellerregung, durch Vorschalten induktionsfreier Widerstände und durch Spezialschaltungen ist es gelungen, den nachteiligen Einfluß der Feldträgheit stark zu mindern. Mit indirekter Erregersteuerung konnte eine Blockstraße von 240tm in 3 s von 95 U/min in der einen Richtung auf 95 U/min in der anderen Richtung umgekehrt werden. Trotz der Entwicklung der Hochdruckdampfmaschinen ist der elektrische Antrieb derzeit wirtschaftlicher und ergibt eine Wärmeersparnis von 25%. Bei Ersatz der Ilgnerumformer durch entsprechend auszubildende Stromrichter, die durch Gleichstrom-Drehstrom-Umformer auch Nutzbremsung gestatten, kann der Stromverbrauch der Umkehrantriebe in Zukunft um etwa 15% gesenkt werden. Der Einsatz solcher schweren Umkehrstromrichter würde zu Belastungsverhältnissen führen, die für gewöhnliche Hüttenwerkszentralen zur Zeit nicht tragbar sind. Die Belastungsstöße werden ohne Pufferung auf das Netz übertragen, der rasche Umkehrvorgang ruft erhebliche Blindleistungsstöße hervor, und die dabei auftretenden Oberwellen bilden für die Generatorwicklungen eine zusätzliche Belastung. Um einen vielseitigen Walzplan bestreiten zu können, sind regelbare Antriebe erforderlich, wobei sich die Nachteile des lastabhängigen Drehzahlverhaltens der Asynchronmotoren und die großen Verluste in den Regelwiderständen durch polumschaltbare Motoren, die allerdings eine grobstufige Regelung ergeben, vermeiden lassen. Das Prinzip der Regelsätze besteht in der Ausnutzung der Schlupfenergie, wodurch der Nebenschlußcharakter auch bei verminderter Drehzahl beibehalten wird, sofern nicht durch Kompoundierung absichtlich ein Drehzahlabfall herbeigeführt wird, um das Schwungrad zur Wirkung zu bringen. Abb. 2 zeigt die Gegenüberstellung der Wirkungsgrade verschiedener Regelsätze für 2000 kW und 40 bis 100% Drehzahlregelung. Bei der Krämerkaskade wird die Schlupfenergie durch einen Einankerumformer einem mit dem Hauptmotor gekuppelten Gleichstrommotor zugeführt, bei der Scherbiuskaskade folgt dem Einankerumformer ein Motorgenerator, der ins Netz speist. Diese Regelsätze mit Gleichstromhintermaschinen lassen sich praktisch stufenlos regeln. Die Drehstromregelsätze (Kommutator-Hintermaschine mit Asynchronmotor mechanisch oder elektrisch gekuppelt) werden übersynchron geregelt. Es wird eine Regelung mit einem neuen ständergespeisten Nebenschluß-Kommutatormotor mit feststehendem Bürstensatz beschrieben, die bis 1000 PS bei 428 U/min bemessen ist und sich bei gleichbleibendem Drehmoment um 65 bis 70% nach abwärts regeln läßt. Der Kommutator des Läufers ist über die Sekundärwicklungen von zwei Drehreglern, die Ständerwicklung direkt an das Netz angeschlossen. Durch die Einführung der Gittersteuerung mehren sich wieder die Antriebe durch Gleichstrommotoren über Gleichrichter, doch liegen vorläufig noch keine Angaben vor, bis zu welcher Leistung der Leonardumformer niedrigere Anlagekosten aufweist. Da der Gleichrichterwirkungsgrad mit der Gleichspannung steigt, müssen Motoren höherer Spannung verwendet werden. 1000 V machen auch bei größeren Maschinen derzeit keine Schwierigkeiten. Durch Wegfall der Feldträgheit lassen sich Stromrichterantriebe wesentlich rascher regeln als Leonardumformer. Durch Regelung der Gitterspannung der Gleichrichter, etwa durch einen Drehregler, läßt sich leicht jeder Wert der Gleichspannung erreichen. Die kontinuierlichen Straßen verdanken ihre Entwicklung in den letzten Jahren dem Ersatz des gemeinsamen Antriebes durch den allerdings teureren Einzelantrieb der Gerüste, der aber infolge seiner Anpassungsfähigkeit an die verschieden notwendigen Drehzahlen einen umfangreichen Walzplan ermöglicht. Bei Fertigstraßen, bei denen die Austrittsgeschwindigkeit aus dem letzten Gerüst weitgehend veränderbar sein muß, müssen Motoren mit großem Regelbereich verwandt werden, und zwar kommen hierfür vorwiegend Gleichstrommotoren in Betracht, die durch Beeinflussung ihrer Ankerspannung und ihres Nebenschlußfeldes bei gleichbleibender Leistung eine ziemliche verlustlose Drehzahlregelung ermöglichen. Immerhin weisen auch solche Antriebe einen kleinen belastungsabhängigen Drehzahlabfall auf, was zu ungleicher Austrittsgeschwindigkeit aufeinanderfolgender Gerüste und zu Schlingenbildung führt. Die Drehzahlkennlinie der Motoren wird vorwiegend durch den ohmschen Spannungsabfall und die Ankerrückwirkung bei Belastung beeinflußt.

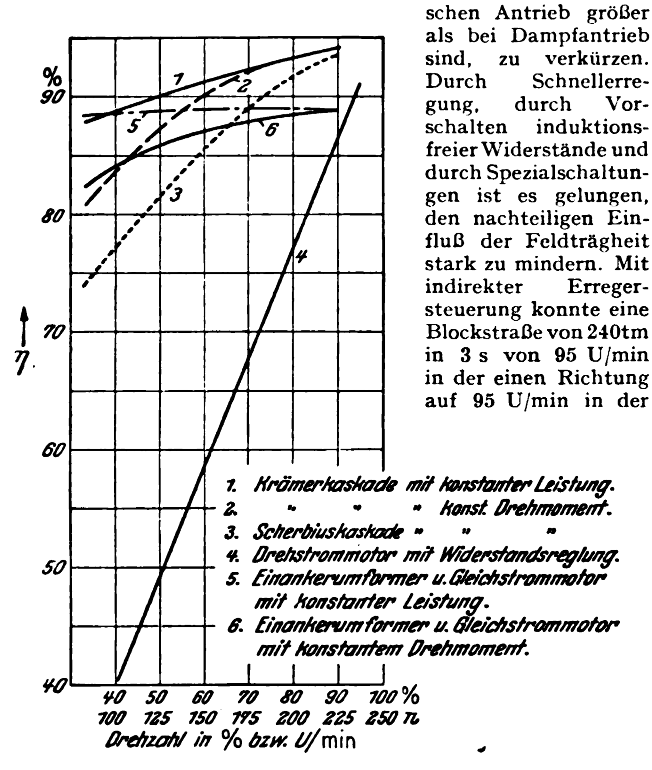


Abb. 2. Wirkungsgrad verschiedener Regelsätze für 2000 kW, 40 bis 100 % Drehzahlregelung.

Da beide Einflüsse einander entgegenwirken, hat man es in gewissen Grenzen in der Hand, der Maschine eine mehr oder weniger flache Kennlinie zu geben. Die Betriebserfahrungen haben gezeigt, daß bei schweren Straßen, auf denen mit Schlingen gewalzt wird, ein Drehzahlabfall von 4 bis 5% zwischen Leerlauf und Vollast zulässig ist. Wo dies nicht möglich ist, müssen Gleichlaufeinrichtungen, die durch Spannungs- oder Feldänderung die Drehzahl konstant halten, zur Anwendung kommen. Bei gemeinsamer Motorsammelschiene ist nur die Feldänderung durch Zu- und Abschalten von Widerständen im Feldstromkreis möglich. Bei Gleichlaufsteuerungen ergeben sich kurze Regelzeiten, da das Feld nur wenig verändert und nicht vollständig auf- oder abgebaut wird. Allerdings benötigt die der Feldänderung folgende Beschleunigung oder Verzögerung des Motors eine bestimmte Zeit, doch können die Gesamtregelzeiten durch Sondererregerschaltungen stark verkürzt werden. Eine vorbildliche Lösung bietet der Gleichrichter, der sich durch Gittersteuerung praktisch trägheitslos regeln läßt. Eine andere Lösung benutzt mit den Walzenzugsmotoren gekuppelte Drehzahldynamos mit gegengeschalteten Ankern, wobei der Spannungsunterschied einen Steuermotor oder einen Thomaregler beeinflußt. Vollkommen genau arbeitet die auf dem Prinzip des „elektrischen Differentials" beruhende Gleichlaufeinrichtung. Für Straßen mit vielen kontinuierlich angeordneten Gerüsten muß die Strecke teilweise geregelt werden können, was mit Folgeschaltungen durchführbar ist, bei welchen jeder Motor eine Zusatzmaschine erhält, die entweder im Feld- oder im Ankerstromkreis liegt. Durch die Spannungsänderung dieser Zusatzmaschine ist die Regelung einzelner Gerüste möglich, ohne den übrigen Gleichlauf zu stören. Diese Folgeschaltung ist allerdings nur bei kleinen Leistungen wirtschaftlich durchzuführen. Die Stellungnahme zu der Regelfrage kontinuierlicher Straßen ist nach den bisherigen Betriebserfahrungen die folgende:

Bei genügend groß bemessenen Antriebsmaschinen kann auf jede selbsttätige Gleichlaufregelung verzichtet werden. Der Regelbereich und die elektrische Ausnutzung dürfen hierbei nicht zu groß gewählt werden. Je kleiner die Einzelleistungen, d. h. je höher die Walzgeschwindigkeiten und je dünner das Walzgut, desto höher sind die Anforderungen an die Gleichlaufsteuerungen. Jedenfalls aber ist die Elektroindustrie heute in der Lage, alle Wünsche der Walzwerke in bezug auf Antriebe zu erfüllen. *Ob.*

Digitized by Google

DK 621.34 : 626.11.001.57 : 629.1–47

Die dynamometrische Schleppbrücke des hydrodynamischen Kanals in Guidonia. [Nach Cesare Cremona, Atti di Guidonia 17 (1939) Nr. 1; 21 S., 14 Abb.]

Cremona beschreibt die am hydrodynamischen Versuchskanal der italienischen Versuchsanstalt für Militärluftfahrt in Guidonia kürzlich in Betrieb genommene neue dynamische Schleppbrücke. Die aus Stahlrohren gebaute Schleppbrücke weist ein Gesamtgewicht von 6000 kg auf und wird durch einen Motorensatz von vier 18 kW-Motoren mit einer Maximalgeschwindigkeit von 20 m/s angetrieben (Abb. 3). Die Brücke läuft auf vier in Schienen liegenden Rädern mit Gummischlauchbereifung (Reifendruck 9 at). Die vier unmittelbar auf die Räder wirkenden Motoren werden mit 500 V Gleichspannung betrieben und können kurzzeitig (bis zu 10 s) bis zu einer Leistung von 40 kW (gegen normal 18 kW) überlastet werden, wodurch sehr hohe Beschleunigungen erzielt werden können. Die Übertragung der elektrischen Energie auf die Brücke geschieht mittels neben dem Schleppbassin laufender Leitungsschienen. Auf der Brücke befindet sich ein Beobachtungsstand, von dem aus kinematographische Aufnahmen gemacht werden können. Ferner sind auf der Brücke montiert eine große dynamometrische Waage sowie ein photoelektrisch wirkendes Meßgerät zur Aufzeichnung des von der Brücke durchlaufenen Weges. *Bmk.*

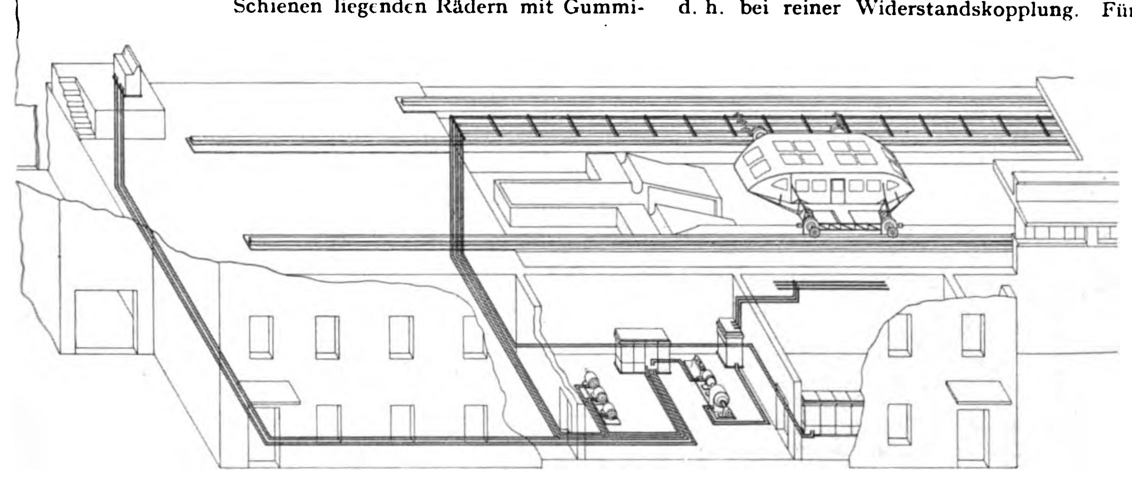


Abb. 3. Schleppbrücke des hydrodynamischen Kanals in Guidonia.

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.611.2 : 538.561

Gekoppelte, selbsterregte elektrische Kreise und Kristalloszillatoren. [Nach K. Heegner, Elektr. Nachr.-Techn. 15 (1938) S. 359; 10 S., 16 Abb.]

Ausgehend von der in Abb. 4a gezeigten Schaltung zweier Schwingkreise, die über eine Induktivität und Widerstand enthaltende Kopplung miteinander verbunden sind, wird die allgemeine Gleichung für sekundäre Rückkopplung[1]) bei gemischter Kopplung der Kreise hergeleitet. Die Theorie ergibt für die sekundäre Rückkopplung in der in Abb. 4a gezeigten Ausgangsschaltung die allgemeine Gleichung:

$$\left(n^2 + 2\,\delta_a\, n + \omega_a^2\right)\left(n^2 + 2\,\delta_g\, n + \omega_g^2\right) = \mathfrak{L}_{ag}\,(\mathfrak{L}_{ag}\,\mathfrak{C}_a\,\mathfrak{C}_g - S) : (L_a + L_{ag})\,(L_g + L_{ag})\,C_a\,C_g\,. \quad (1)$$

Dabei ist n eine komplexe Größe der Form $n = -\delta + j\,\omega$, deren reeller Teil δ die augenblickliche Dämpfung der Schwingung und deren imaginärer Teil ω die Frequenz der Schwingung ist[2]), während

$$\mathfrak{L}_{ag} = L_{ag}\, n + R_{ag}, \quad \mathfrak{C}_a = C_a\, n + G_0, \quad \mathfrak{C}_g = C_g\, n + G_g$$

gesetzt ist; die Eigenfrequenz der beiden Kreise ist

$$\omega_a = \left\{\frac{1 + (R_a + R_{ag})\,G_a}{(L_a + L_{ag})\,C_a}\right\}^{1/2} \text{bzw. } \omega_g = \left\{\frac{1 + (R_g + R_{ag})\,G_g}{(L_g + L_{cg})\,C_g}\right\}^{1/2}$$

und deren Dämpfung, die sich aus den Verlusten der Spule, des Kondensators und der Kopplung zusammensetzt,

$$\delta_a = \frac{1}{2}\left\{\frac{R_a + R_{ag}}{L_a + L_{ag}} + \frac{G_a}{C_a}\right\} \text{bzw. } \delta_g = \frac{1}{2}\left\{\frac{R_g + R_{cg}}{L_g + L_{ag}} + \frac{G_g}{C_g}\right\}.$$

Von Interesse ist der Fall, daß sowohl $\mathfrak{L}_{ag}$ wie $\mathfrak{C}_a\,\mathfrak{C}_g$ reell werden. Das ist nur möglich, wenn $L_{cg} = G_a = G_g = 0$ ist, d. h. bei reiner Widerstandskopplung. Für den stationären Zustand ($\delta = 0$) liefert der imaginäre Anteil der Gl. (1) unter diesen Voraussetzungen die Frequenzgleichung

$$\omega = \left\{\frac{\omega_a^2\,\delta_g - \omega_g^2\,\delta_a}{\delta_g + \delta_a}\right\}^{1/2}, \quad (2)$$

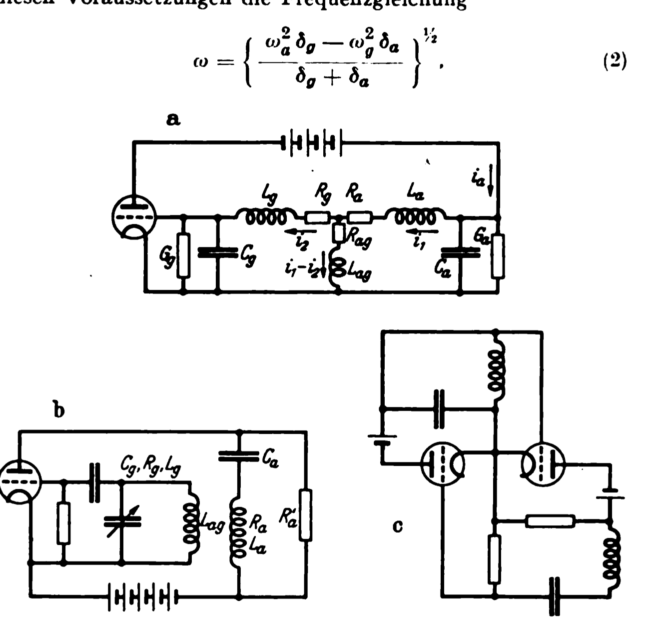


Abb. 4. Gekoppelte Kreise bei sekundärer Rückkopplung: a) Grundschaltung, b) magnetische Kopplung, c) röhrengekoppelte Kreise.

die besagt, daß bei Abstimmung beider Kreise ($\omega_a = \omega_g$) deren Eigenfrequenz erregt wird. Der reelle Teil der Gl. (1) liefert für die Steilheit bei Abstimmung beider Kreise die Gleichung

$$S = \frac{4\,L_a\,L_g\,\delta_a\,\delta_g - R_{ag}^2}{R_{ag}\,L_a\,L_g\,\omega^2}.$$

Zur Klärung der Frage, unter welchen Bedingungen die Frequenz ω der entstehenden Schwingung mit der Eigenfrequenz des Schwingkreises, den die Bestimmungsstücke C_a, L_a, C_g, L_g in der vorhandenen Reihenschaltung bilden, übereinstimmt, kann der Ansatz

$$\frac{\omega_a^2\,\delta_g - \omega_g^2\,\delta_a}{\delta_g + \delta_a} = \frac{1}{L_a + L_g}\;\frac{C_a + C_g}{C_a\,C_g}$$

[1]) Die Bezeichnung primäre und sekundäre Rückkopplung ist auf H. Vogel und M. Wien zurückzuführen und besagt, daß die zur Rückkopplung dienende Spannung, welche dem Steuergitter zugeführt wird, entweder dem Primärkreis oder dem Sekundärkreis entnommen wird. Als Primärkreis ist dabei der Kreis aufzufassen, dem der Strom, den die Röhre liefert, primär zugeführt wird. So spricht man z. B. von sekundärer Rückkopplung, wenn bei magnetischer Kopplung zweier Kreise die am Sekundärkreis vorhandene Induktionsspannung dem Gitter der Röhre zugeführt wird. Siehe im übrigen hierzu die schöne Arbeit von H. Vogel und A. Wien: Zungenpfeife und Röhrensender, Ann. Phys., Lpz. 62 (1920) S. 649.

[2]) Siehe hierzu auch folgende lehrreichen Abhandlungen von K. Heegner über gekoppelte Systeme und deren Theorie in: Arch. Elektrotechn. 9 (1920) S. 127; 11 (1922) S. 239; Z. Phys. 13 (1923) S. 392; 19 (1923) S. 246.

Digitized by Google

gemacht werden, der nach naheliegenden Umformungen die einfache Form $(L_a C_a - L_g C_g)(L_a \delta_a - L_g \delta_g) = 0$ annimmt. Die Nullsetzung des zweiten Klammerausdruckes liefert die Bedingung $L_a \delta_a = L_g \delta_g$, die besagt, daß das gekoppelte System die Eigenfrequenz des Kombinationskreises annimmt, wenn beide Kreise denselben Verlustwiderstand haben, der zu $L_a \delta_a - R_{ag}$ bzw. $L_g \delta_g - R_{ag}$ gegeben ist. Eine weitere Schaltung, auf welche die angeführte Theorie anwendbar ist, zeigt Abb. 4b; für sie ergibt sich für den Fall der Abstimmung $(\omega = \omega_a = \omega_g)$

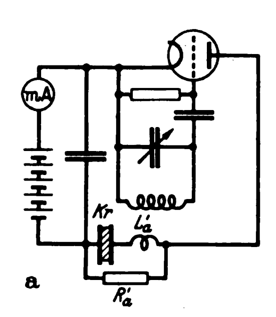
$$S R_a' = \frac{L_{ag}}{L_g} + \frac{4 \delta_a \delta_g}{\omega^2} \frac{L_a}{L_{ag}}, \qquad (3)$$

wenn $\delta_g = \frac{R_g}{2 L_g}$ und $\delta_a = \frac{R_a + R_a'}{2 L_a}$ ist.

Diese Gleichung zeigt, daß die Steilheit in Abhängigkeit von L_{ag} einen Kleinstwert hat, wenn

$$L_{ag} = \left(\frac{4 \delta_a \delta_g L_a L_g}{\omega^2}\right)^{1/2} \text{ d. h. } K^2 = \frac{4 \delta_a \delta_g}{\omega^2}$$

ist, wenn mit K der magnetische Kopplungsgrad eingeführt wird.



Einen für die Darstellung von Kristalloszillatoren noch beachtenswerten Sonderfall einer Schaltung mit röhrengekoppelten Kreisen stellt Abb. 4c dar. Sie enthält einen unmittelbar an die Röhren angekoppelten Schwungradkreis und einen Reihenkreis, der über Widerstände an die Röhren gekoppelt ist.

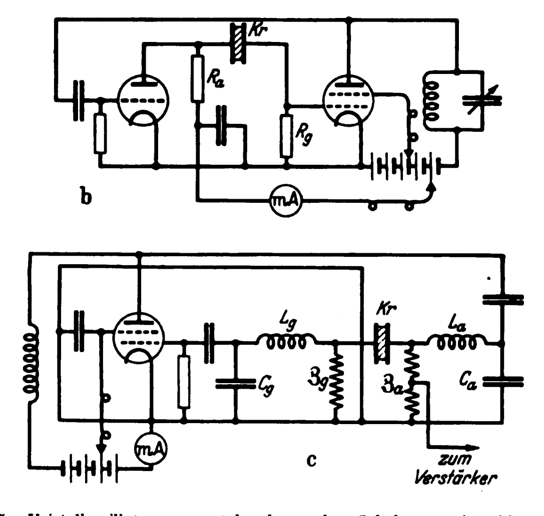


Abb. 5. Kristalloszillatoren, entstehend aus den Schaltungen in Abb. 4 durch Ersatz eines Reihenkreises durch einen Kristall. a) nach Abb. 4b) b) nach Abb. 4c c) Kristalloszillator mit zwei abstimmbaren, fest mit dem Kristall gekoppelten Kreisen

Wird nun in den eben angeführten Schaltungen, die als Kennzeichen gemeinsam haben, daß bei Abstimmung der Kreise die Eigenfrequenz erzeugt wird, ein unverzweigter Reihenkreis durch einen Kristall ersetzt, so ergibt sich ein Kristalloszillator. So läßt sich zunächst durch Ersatz der Kette L_a, R_a, C_a der Abb. 4b durch einen Kristall der von J. K. Klapp entwickelte, in Abb. 5a gezeigte Oszillator herstellen. Hinzu kommt lediglich die Induktivität L_a, welche die magnetische Kopplung des elektrischen Kreises mit dem Kristallkreis besorgt. Zu beachten ist, daß der elektrische Kreis auf die Kristallfrequenz abgestimmt sein muß, ein Zustand, der am Anodenstromminimum erkennbar ist. Eine weitere Kristalloszillatorschaltung ergibt sich bei Ersatz des Reihenkreises der Abb. 4c durch einen Kristall, wie in Abb. 5b veranschaulicht. Durch die Verwendung einer Schirmgitterröhre kann der Resonanzwiderstand des elektrischen Kreises groß gewählt werden; die Widerstände R_a und R_g brauchen nicht groß zu sein, so daß der Kristall kaum gedämpft wird. Die Frequenzgleichung (2) erhält nach erlaubter Umformung die für die Kristallschaltungen gültige Form

$$\frac{\omega^2 - \omega_{kr}^2}{\omega_e^2 - \omega_{kr}^2} = \frac{\delta_{kr}}{\delta_e} \quad (\text{da } \delta_{kr} \ll \delta_e),$$

wobei der Index e die Beziehung auf den elektrischen Kreis und der Index kr die Beziehung auf den Kristallkreis zum Ausdruck bringt. Sie besagt, daß der elektrische Kreis die Frequenz um so mehr bestimmt, je ungedämpfter er ist; dabei ist jedoch zu bedenken, daß sich der elektrische Kreis nicht beliebig bedämpfen läßt, da mit der Dämpfung die Rückkopplung abnimmt. Eine Schaltung, bei der der eben genannte Nachteil weitestgehend behoben ist, stellt Abb. 5c dar. In dieser Schaltung sind zwei abstimmfähige Kreise mit dem Kristall festgekoppelt; der eine Kreis bildet den Gitterkreis, der andere den Anodenkreis einer Schirmgitterröhre; die Verwendung einer Schirmgitterröhre und der eingezeichneten Abschirmung ermöglicht die Beseitigung jeder unerwünschten elektrischen und magnetischen Kopplung. Die Größen $\mathfrak{Z}_a$ und $\mathfrak{Z}_g$ sind Impedanzen von hohem Widerstand. Die Oszillatorfrequenz ist dann durch die Eigenfrequenz des Kreises (C_a, L_a, K_r, L_g, C_g) bestimmt. Die Rechnung zeigt, daß die relative Frequenzabweichung $\left(\frac{\Delta \omega}{\omega_{kr}}\right)$ bei Verstimmung von L_a oder L_g bzw. C_a oder C_g sehr klein ist und daß diese Verhältniszahl um so kleiner wird, je besser der Kristall an die Röhre angepaßt ist. Die Anpassungsbedingung lautet:

$$S = (R_a + R_{kr} + R_g)(C_a \omega_{kr})(C_g \omega_{kr}),$$

wenn S die mittlere Steilheit der schwingenden Röhre ist und R_a bzw. R_g die Verlustwiderstände der elektrischen Kreise darstellen. Mittels eines Doppelschalters läßt sich der Kristallkreis ($\mathfrak{Z}_a$, K_r, $\mathfrak{Z}_g$) dieser Schaltung gegen einen Widerstand (R_{ag}) oder besser gegen einen Widerstandskreis (R_{ao} für $\mathfrak{Z}_a$, R_o für K_r, R_{go} für $\mathfrak{Z}_g$) auswechseln und die Kristallfrequenz durch ein System widerstandsgekoppelter Kreise darstellen. Für die richtige Bemessung der Ersatzwiderstände liefert ein Vergleich der eben angeführten Gleichung für die Steilheit S mit der bei der Besprechung der Widerstandskopplung angegebenen Steilheitsgleichung eine ausreichende Bedingung in der Form: $R_a R_g = R_{ag} R_{kr}$, wobei für R_{ag} im Falle der Verwendung des bezeichneten Widerstandskreises $R_{ag} = \frac{R_{ao} R_{go}}{R_o + R_{ao} + R_{go}}$ zu setzen ist. Nach dem Vorigen ergibt sich die Eigenfrequenz des Kombinationskreises, wenn die Verlustwiderstände der Kreise die gleichen sind ($R_a = R_g$); im Fall des Widerstandskreises muß zur Erfüllung dieser notwendigen Bedingung $R_{ao} = R_{go}$ sein. Bei Kenntnis von R_a bzw. R_g oder bei Vorgabe von R_{ao} bzw. R_{go} läßt sich also R_{ag} bzw. R_o berechnen. Zu beachten ist dabei, daß R_{ao} bzw. R_{go} nicht zu hoch gewählt werden dürfen, da sonst die Kreise zu stark bedämpft werden und keine genügende Aussiebung der Grundfrequenz mehr stattfindet. *E. C. M.*

DK 621.395.613.5.089.6

Apparatur zur Eichung von elektrostatischen Mikrophonen. [Nach E. Fano, Ist. El. Naz. Gal. Ferraris, Nr. 37; 8 S., 9 Abb.]

Die Verfasserin gibt in der vorliegenden Mitteilung eine Beschreibung einer von ihr entwickelten Einrichtung zur Eichung von elektrostatischen Mikrophonen, die gestattet, auf einfache Weise sowohl das Verfahren der Mikrophoneichung bei tiefen Frequenzen wie bei hohen Frequenzen wahlweise anzuwenden. Die gute Übereinstimmung der nach den beiden Verfahren in verschiedenen Fällen erhaltenen Ergebnisse wird an Hand verschiedener Kurven dargestellt. Mit Hilfe der neuen Einrichtung wird von der Verfasserin ferner die Frage des Einflusses der zwischen Membran und fester Elektrode der elektrostatischen Mikrophone befindlichen Luftschicht auf die Mikrophondaten experimentell untersucht, indem an einigen Mikrophonen vergleichende Messungen an Luft und im Vakuum ausgeführt wurden. *Bmk.*

DK 621.395.44.015.1

Wahrscheinlichkeit der in Trägerfrequenz-Vielfachsystemen auftretenden linearen und nichtlinearen Spannungen. [Nach H. Jacoby u. G. Günther, Z. Hochfrequenztechn. 52 (1938) S. 201; 8 S., 7 Abb.]

Für alle Trägerfrequenz-Vielfachsysteme ist die gemeinsame Verstärkung in Unterwegsverstärkern wesentlich. Verstärkungsgrad, Bandlinearität, Leistung und Klirrfaktor sind

Digitized by Google

für diese Verstärker zwar durch die Art des Systems vorgegeben, lassen sich häufig aber erst festlegen, wenn man die Spannungen genau kennt, welche bei Übertragung zahlreicher Kanäle zu erwarten sind. Eine Vorausberechnung solcher Spannungen, die linearer und nichtlinearer Natur sein können, führt auf zwei Aufgaben. Zunächst muß aus dem zeitlichen Verlauf der Sprechspannungen in einem Sprechkanal der zeitliche Verlauf der Gesamtspannung von zahlreichen gleichzeitig übertragenen Gesprächen berechnet werden, wobei das Gegensprechen und die zwischen Teilnehmer und Fernamt liegenden Teilnehmerdämpfungen zu berücksichtigen sind. Die zweite Aufgabe besteht in folgendem: Da die Kennlinie des Verstärkers nicht ideal linear ist, muß aus der Zahl und Größe der in einem Sprechkanal herrschenden Sprechspannungen die auftretende Klirrspannung berechnet werden, wozu die Häufigkeit der vorkommenden Wechselstromamplituden genügt. Beide Aufgaben lassen sich mit Verfahren der Wahrscheinlichkeitsrechnung lösen[1]).

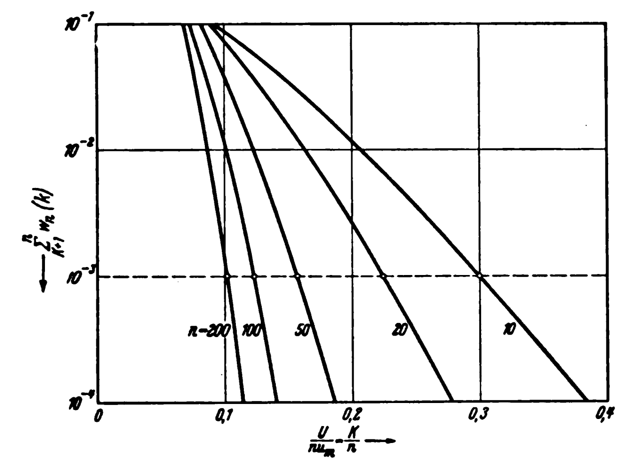


Abb. 6. Restwahrscheinlichkeit der Spannungen bei Berücksichtigung des Gegensprechens. (Als Parameter n sind die Sprecher gewählt.)

Bezeichnet man mit z die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen eines Impulses bei einem Teilnehmer, so ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine ganze Gruppe von k Teilnehmern gleichzeitig einen Impuls hervorbringt, während n-k Teilnehmer gerade eine Pause machen: $W_n(k) = z^k (l - z)^{n-k}$. Da es nun $\binom{n}{k}$ mögliche Gruppen zu je k bei im ganzen n Teilnehmern gibt, ist die Wahrscheinlichkeit, daß irgendeine Gruppe von k Teilnehmern gleichzeitig einen Impuls hervorbringt, durch Gleich. (1)

$$W_n(k) = \binom{n}{k} z^k (l - z)^{n-k} \quad (1)$$

gegeben. Berücksichtigt man hierin das Gegensprechen, so ist $z/2$ statt z zu setzen, womit nach einiger Umrechnung und Beachtung der Tatsache, daß die Wahrscheinlichkeit für n in einer Richtung sprechende Teilnehmern gerade p ist, die endgültige Formel

$$W_n(k) = \binom{n}{k} \left(\frac{z}{2}\right)^k \left(1 - \frac{z}{2}\right)^{n-k} \quad (2)$$

folgt. Summiert man nun sämtliche $W_n(k)$ oberhalb eines Wertes K, so erhält man die Wahrscheinlichkeit $W(K)$, daß bei n Teilnehmern eine Spannung auftritt, die größer oder gleich als der K-fache Spitzenwert U_m eines Gespräches ist. Diese Restwahrscheinlichkeit ist über dem Verhältnis K/n (n-Anzahl der Sprecher) z. B. auf der Kurventafel in Abb. 6 dargestellt. In ähnlicher Weise werden die Einflüsse durch die Streuung der Impulsspannungen berechnet, wofür das Ergebnis in der Originalarbeit auch graphisch aufgetragen ist. Zieht man in diesen Kurven z. B. durch den Ordinatenpunkt 10^{-3} eine Parallele zur Abszissenachse, so erhält man die Wahrscheinlichkeit für alle die Spannungen, welche höchstens in 1/1000 der Betriebszeit überschritten werden.

Ferner werden die durch die Nichtlinearität der gemeinsamen Verstärker bedingten Klirrspannungen berechnet. Die Betrachtung führt hier zu dem Ergebnis, daß der Effektivwert mit der Wurzel aus der Zahl der Gespräche bei den Kombinationstönen 2. Grades und mit der Anzahl der Gespräche selbst bei den Kombinationstönen 3. Grades ansteigt. Zum Abschluß werden dann die resultierenden Spannungen ermittelt, die sich aus den in jedem Verstärker entstehenden Kombinationstonspannungen zusammensetzen, und man findet, daß sie in ihrem quadratischen Mittelwert proportional der Wurzel aus der Anzahl der Verstärkerfelder sind. *Hsr.*

[1]) Für ein Studium der Wahrscheinlichkeitsrechnung sei z. B. auf die Bücher: Tornier, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Berlin-Leipzig, Teubner 1934 und Markoff, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Berlin-Leipzig, Teubner 1911 verwiesen.

DK 621.396.93

Ein einfaches Verfahren zur Seitenbestimmung bei Funkpeilern. [Nach R. A. Fereday, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 96; 5 S., 6 Abb.]

Das mit einem Peilrahmen aufgenommene Polardiagramm in Form einer Lemniskate ist für die Richtungsbestimmung bekanntlich nicht eindeutig genug, da hierbei nicht die Richtung selbst, sondern nur die Richtungsebene des angepeilten Senders ermittelt werden kann. Eine eindeutige Peilung ist erst möglich durch Überlagerung des Kreisdiagrammes einer Vertikalantenne, wobei man als Polardiagramm eine Kardioide erhält. Hierbei sind die Ortsbestimmungen nur dann einwandfrei, wenn die Spannungen der Rahmen- und der Vertikalantenne amplituden- und phasengerecht auf den Empfängereingang gegeben werden. Bei den normalen Funkpeilern ist die Einstellgenauigkeit über einen größeren Wellenbereich nicht ausreichend. Dies trifft besonders bei Kurzwellenpeilgeräten mit Braunscher Röhre als Richtungszeiger zu. Es wird daher ein einfaches Verfahren zur genauen Seitenbestimmung bei Funkpeilern beschrieben, das auf einer geringfügigen Änderung des Adcock-Antennensystems beruht. Zunächst wird mit einem gewöhnlichen Adcockpeiler, der aus vier räumlich um 90° versetzte Antennen besteht, eine Peilung durchgeführt. Sodann wird das eine Antennenpaar (z. B. das in der Ost-Westrichtung verlaufende) durch eine Vertikalantenne ersetzt und nochmals gepeilt. Aus beiden Messungen läßt sich dann der Ort des angepeilten Senders eindeutig bestimmen. Während dieses Verfahren bei langen Wellen ohne Schwierigkeiten anwendbar ist, müssen bei Kurzwellenpeilungen die Phasendrehungen durch die verhältnismäßig langen Zuleitungen zwischen Antenne und Empfänger berücksichtigt und durch Phasenschieber kompensiert werden. Damit die Ströme in den beiden Goniometerspulen nahezu in Phase sind, müssen Widerstände von etwa 5000 Ω in Reihe zu der Vertikalantenne geschaltet werden. Die nach dem neuen Verfahren ermittelten Richtungen der verschiedenen Kurzwellensender Europas im Frequenzbereich von 4 bis 10 MHz sind in einer Tafel zusammengestellt. *Mnl.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.316.8

Negative differentielle Widerstände und Kippschwingungserzeuger. [Nach N. Carrara, R. Ist. El. e. d. Com. d. Marina, Nr. 140; 24 S., 27 Abb.]

In der vorliegenden ausführlichen Arbeit wird von dem Verfasser bis in alle Einzelheiten die Rolle klargelegt, die negative Widerstände bei der Erzeugung von Kippschwingungen spielen. Nach einer einleitenden Definition des Begriffs des negativen Widerstandes gibt der Verfasser eine ausführliche Theorie und zeigt zugleich an Hand von Experimenten die Stabilität bzw. Instabilität von Kreisen auf, die aus differentiellen negativen und positiven Widerständen zusammengesetzt sind. Anschließend wird die Theorie des Kippschwinggerätes gegeben, und zwar für verschiedene öfter vorkommende Fälle (negativer Widerstand mit kapazitiver oder induktiver Belastung). Insbesondere werden auch einfache Formeln zur Berechnung der Kippschwingfrequenz angegeben und genaue Vorschriften ausgearbeitet zur Synchronisation der Kippschwingfrequenz mit einer äußeren Wechselspannung. Unter anderem ergeben sich so auch brauchbare Formeln zur Berechnung des Synchronisationsintervalls, die durch das Experiment gut bestätigt werden können. *Bmk.*

DK 621.385.1

Ersatzschema für Elektronenröhren. [Nach M. Boella, R. Istit. El. e. d. Com. d. Marina, Nr. 136; 9 S., 10 Abb.]

Der Verfasser behandet die bereits öfter angewendete Möglichkeit, einen Schwingungskreis mit einem Elektronenrohr durch ein Ersatzschema zu ersetzen, welches nur einfache elektrische Schaltungselemente enthält, und erklärt an Hand solcher Ersatzbilder das fundamentale Verhalten des schwin-

Digitized by Google

genden Elektronenrohres sowie die wichtigsten seiner Anwendungen. Ferner erläutert der Verfasser auch, welche besonderen Verhältnisse hinsichtlich dieser Ersatzbilder bei Betrachtung sehr hoher Frequenzen vorliegen. *Bmk.*

Physik.

DK 537.533 : 537.525.5

Elektronenaustrittsarbeit und mittlere Streuzeit. [Nach J. Müller-Strobel, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 11, S. 717; 4½ S., 3 Abb.]

Ausgehend von der früheren abgeleiteten Streufunktion, welche die Wahrscheinlichkeitsdichte für das Eintreten eines Spannungszusammenbruches charakterisiert, werden die für eine Bestimmung der Konstante $\bar{c}$ bzw. der mittleren je Zeiteinheit emittierten Elektronen nötigen Grundgleichungen diskutiert. $\bar{c}$ läßt sich unmittelbar aus der kürzesten mittleren Streuzeit τ_{ψ_0} berechnen. Aus Messungen ist bekannt, daß τ_{ψ_0} in einem direkten Verhältnis zur Elektronenaustrittsarbeit A steht, weshalb in Verbindung mit φ eine einfache Beziehung zwischen den Variablen, ψ, $\bar{c}$ und A abgeleitet werden konnte. Ohne eine Umgestaltung der Gleichungen vorzunehmen, ließ sich das photoelektrische Auslösen der Folgelawinen in Luft von Atmosphärendruck durch das Einfügen der Koeffizienten der lichtelektrischen Auslösung φ, der Intensität der auf die Kathode auftreffenden, wirksamen Strahlung μq und die Wahrscheinlichkeit p_0 der Bildung einer vom Anfangselektron herrührenden Elektrolawine, die den Überschlag schon einzuleiten vermag, berücksichtigen. Obschon der Berechnung von $\bar{c}$ nur Messungen an Kugelfunkenstrecken mit einem Elektrodenabstand $d = 1{,}1$ mm und verschiedener Intensität der Einstrahlung zugrunde gelegt werden konnten, ist doch den erhaltenen Ergebnissen bzw. der angewandten Methode Allgemeingültigkeit zuzuschreiben. Eine zweckmäßige Erweiterung kann für den Fall vorgenommen werden, wenn die ionisierende Strahlung am Kanalkopf erzeugt und durch sie das Photoelektron in der Gasstrecke selbst bzw. am Entstehungswert der neuen Lawine ausgelöst wird.

DK 538.6

Polarisation von Magnetblechen, insbesondere von Nickel-Eisen-Kernen. [Nach T. A. Ledward, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 113; 18 S., 33 Abb.]

In einer kombinierten Wechsel- und Gleichstromuntersuchung (Kathodenstrahl-Oszillograph und ballistisches Verfahren) wird an Ringproben aus siliziertem Eisen und Nickel-Eisenblech (0,3 mm) der Frage nach der Ursache der asymmetrischen Hystereseschleifen bzw. der ihnen zugrunde liegenden Gleichstrom-Aufmagnetisierungen im einzelnen nachzugehen versucht. Als häufigste Ursache werden, wie zu erwarten, die Stromstöße aus vorangehenden Ausschaltvorgängen erkannt, wobei die Höhe der Vormagnetisierung und damit der Grad der späteren Unsymmetrie von dem Zeitpunkt des Ausschaltens (in bezug auf die Stromkurve) abhängt. Kurven für die Beseitigung der Polarisation durch Entmagnetisierung mit abnehmendem Wechselstrom und für die Wirkung von Wechsel- und Gleichstrom werden mitgeteilt. Dabei ergibt sich als bemerkenswerter Befund, daß die Verteilung der Vormagnetisierung über den Querschnitt sehr oft nicht gleichmäßig ist, vielmehr äußere und innere Schichten des Ringkerns entgegengesetzt polarisiert sein können. Besonders starke Unsymmetrien können weiter noch auftreten, wenn der Magnetisierungsstrom, wie im Anodenkreis von Verstärkerröhren, gerade Harmonische enthält und die kapazitive Belastung der Sekundärwicklung Resonanz hervorruft, wobei durch Zusammenwirken beider Effekte ein allmähliches Aufschaukeln eintritt bzw. eine anfänglich ganz symmetrische Schleife verzerrt werden kann. Bei höherer Frequenz treten die Unsymmetrien lange nicht so hervor, wie bei niedriger — eine bei 50 Hz stark verzerrte Kurve ist bei 550 Hz schon weitgehend normal —, und zwar anscheinend wegen der Abrundung der Ecken und der geringeren Eindringtiefe, während die Vormagnetisierung selbst nicht beeinflußt wird. Dagegen nimmt die Polarisation selbst, wie leicht einzusehen, mit Unterbrechung des Eisenweges ab, sie ist also in Kernen aus E-, I- oder T-Blechen stets, und zwar um ein Wesentliches, geringer als bei den hier untersuchten Ringkernen. *Kmn.*

DK 537.523.4

Übergangsformen zwischen Bogen- und Glimmentladungen bei Funkenfolgen. [Nach H. Kaiser u. A. Wallraff, Z. Phys. 112 (1939) S. 215; 8 S., 6 Abb.]

Bei spektralanalytischen Untersuchungen wird sehr häufig der Feußnersche Funkenerzeuger benutzt. Wie kürzlich von den gleichen Verfassern gezeigt wurde[1]), entsteht dabei zwischen den zu untersuchenden Elektroden ein hochfrequenter Wechselstromlichtbogen mit niedriger Brennspannung ($\approx$ 50 V). Gelegentlich treten jedoch auch durch den Elektrodenwerkstoff oder die Oberflächenbeschaffenheit bedingte Sonderformen der Entladung auf, die in der vorliegenden Veröffentlichung beschrieben werden. An frischen Reinkupferelektroden wird die Entladung kurz nach der Zündung unruhig, klettert an den Elektroden hoch, erhitzt diese stark und überzieht sie mit einer glänzenden Oxydhaut. Drehspiegelaufnahmen zeigen, daß nur der Kathodenansatz wandert, und zwar in jeder Periode weiter nach außen. Das Spektrum enthält zur Hauptsache Luftlinien und -banden. Nach den Brennspannungsoszillogrammen beginnt jede Entladungshalbwelle mit einer Glimmentladung von 400 V und sinkt nur bei den stromstarken Halbwellen in den Bogen ab. An frisch gereinigten Fe-Elektroden bleibt die Glimmentladung überhaupt bestehen, oft mit einer eigenartigen Unsymmetrie: Eine Halbwelle Bogen, die andere Glimmentladung. Pt-Elektroden in Drahtform zeigen die gleiche Erscheinung, für die in Drehspiegelaufnahmen der Übergang vom Bogen zum Glimmen sichtbar gemacht wird. Die Stromdichte in diesen Glimmentladungen läßt sich zu 50 bis 70 A/mm² abschätzen. Dieser hohe Wert, verbunden mit der großen Brennspannung, bedingt die starke Erwärmung, die mit dem Umschlag in die Glimmentladung zusammenhängt. In der praktischen Spektralanalyse sind die Vorgänge störend, da fast kein Metall verdampft. Man kann sie bei Fe durch vorherige Oxydation, bei Cu und Pt durch Verfunken in technisch reinem Argon vermeiden. *Eb.*

AUS LETZTER ZEIT.

Übertragung des Elektromaterialabkommens auf die Ostmark und den Sudetengau. — Das „Abkommen über Vertrieb und Verarbeitung elektrotechnischer Artikel, insbesondere Installationsmaterial, Regelung des Verkaufs von Installations-Baumaterial" der in der Arbeitsgemeinschaft der Elektro-Verbände e. V. (AEV) zusammengeschlossenen Körperschaften (Elektro-Handwerk, Elektro-Handel) legt bekanntlich[2]) im wesentlichen folgendes fest:

1. Elektrotechnische Artikel müssen entsprechend der Zweiten Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz den anerkannten Regeln der Elektrotechnik, d. h. den VDE-Bestimmungen entsprechen.
2. Elektro-Baumaterial darf nur an Berechtigte abgegeben werden.
3. Es werden Kommissionen für die Durchführung von Kontrollen gebildet.

Dieses Abkommen wurde zum 1. 10. 1939 in der Ostmark und im Sudetengau in Kraft gesetzt[3]). Das dort noch im Handel befindliche unvorschriftsmäßige Elektro-Installationsmaterial darf bis 31. 12. 1940 — jedoch nicht ins Altreich — ausverkauft werden. Was in diesen Gebieten unter „anerkannten Regeln der Elektrotechnik" zu verstehen ist, bestimmt sich nach den jeweils geltenden gesetzlichen und behördlichen Vorschriften, d. h. neben den VDE-Bestimmungen gelten in der Ostmark bis auf weiteres die Vorschriften des EVW[4]), im Sudetengau bis zum 31. 12. 1940 die Vorschriften des ESČ[5]).

[1]) H. Kaiser u. A. Wallraff, Ann. Phys., Lpz. 34 (1939) S. 297.
[2]) E. Matthies, ETZ 57 (1936) S. 717; AEV-Mitteilungsbl. A 4 bis A 9.
[3]) Dtsch. Elektro-Handw. 17 (1939) H. 41, S. 815; AEV-Mitteilungsbl. A 10.
[4]) ETZ 59 (1938) S. 763 und 1195.
[5]) ETZ 60 (1939) H. 24, S. 735.

Digitized by Google

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke[1]).

DK 621.311.1.003

Nr. 23. Preußische Elektrizitäts Aktiengesellschaft, Berlin. Die Betriebsanlagen haben sich um 8,322 Mill RM erhöht. Die Beteiligungen haben kleine Umänderungen durch Zukauf von Aktien der NWK und restlicher 3 Kuxe der Gewerkschaft Friedrich und von Aktien der Thüringenwerk A.-G. Weimar erfahren. Das Umlaufvermögen weist einen Zugang von 7,077 Mill RM auf, und zwar stieg das Bankguthaben um 9,077 Mill RM, dagegen verminderten sich die Forderungen an Konzernunternehmungen in der Hauptsache durch Rückfluß von nom. 4,629 Mill RM Preußische Schatzanweisungen. Die Reserven und Wertberichtigungen erhielten wieder kräftige Zuführungen. Die Verbindlichkeiten haben sich um 7,2 Mill RM erhöht, was in der Hauptsache auf die Vergrößerung der von den Tochtergesellschaften bei der Preußen-Elektra unterhaltenen Guthaben zurückzuführen ist. Die Währungsschulden, wiederum zu den Entstehungskursen ausgewiesen, ermäßigten sich durch die planmäßigen Tilgungen auf nom. 660 000,— $, 512 500,— £ und 24 677 500,— sfrs Auslandsanleihen. Der Eigenbesitz an Bonds in Höhe von 1 865 000,— $ und 434 700,— £ sind berücksichtigt worden.

Nr. 24. ASW. Aktiengesellschaft Sächsische Werke, Dresden. Die Bilanz für die Arbeitsgebiete der ASW., und zwar Bergbau Großkraftwerke und Großschwelereien ist eine gemeinsame. Unter dem Anlagevermögen werden Elektrizitätsanlagen mit 237,7 Mill RM angegeben. Die Ausweitung der Aufgabengebiete erforderte laufend neue Kapitalinvestierungen, zu welchem Zwecke das Grundkapital um RM 20 000 000,— erhöht und eine ab 1944 auslosbare, vom Lande Sachsen garantierte Anleihe von 25 000 000,— RM 4,5 % Teilschuldverschreibungen aufgenommen wurde. Da verschiedene Änderungen in der Handelsbilanz durchgeführt wurden, ist ein Vergleich mit den Zahlen des Vorjahres schwierig vorzunehmen. Die Beteiligungen haben sich durch Abschreibungen ermäßigt, als wesentlicher Betrag ist die ausgebuchte Beteiligung an der auf die ASW übergegangenen Sächsischen Elektrizitäts-Lieferungsgesellschaft AG. Siegmar-Schönau zu erwähnen. Die Dollaranleihe-Verpflichtungen sind durch planmäßige Tilgungen um 2 328 000,— $ auf insgesamt 8 075 500 $ gesenkt worden.

Nr. 25. Rheinisches Elektrizitätswerk im Braunkohlenrevier A.-G., Köln. Das gesamte Aktienkapital befindet sich im Besitze der Muttergesellschaft, der Rheinischen A.-G. für Braunkohlenbergbau und Brikettfabrikation in Köln. Das Elektrizitätswerk besitzt keinen eigenen Grund und Boden, vielmehr sind alle Werkanlagen auf dem Gelände der Muttergesellschaft errichtet worden. Die Bilanz zeigt eine ungemeine Flüssigkeit. Die Anlagen sind durch die Reserven und Wertberichtigungen zu 100 % gedeckt und das Umlaufsvermögen von 17,9 Mill RM, worunter sich noch Forderungen von 12,6 Mill RM an Konzernunternehmen befinden, steht gegenüber 12,8 Mill RM Aktienkapital und nur 4,9 Mill RM Verbindlichkeiten, wovon wieder 4,6 Mill RM gegenüber Konzernunternehmen bestehen. Der erzielte Reingewinn fließt an die Muttergesellschaft.

Nr. 26. Ostpreußenwerk Aktiengesellschaft, Königsberg i. Pr. An der Zunahme des Elektrizitätsverbrauchs sind die Landwirtschaft sowie Gewerbe und Industrie in der Hauptsache beteiligt. Den gesteigerten Anforderungen entsprechend wurden größere Betriebserweiterungen vorgenommen. Die Auslandsanleihe ist planmäßig getilgt worden und steht noch mit 2 144 000,— $ = 9 004 800,— RM zu Buch.

Nr. 27. Landkraftwerke Leipzig Aktiengesellschaft, Kulkwitz. Durch Beschluß der ordentlichen Hauptversammlung vom 19. 12. 1938 erfolgte die Verlegung des Geschäftsjahres auf das Kalenderjahr und daher war es erforderlich, ein Kurzgeschäftsjahr für die Zeit vom 1. Juli bis 31. Dezember 1938 einzulegen. Die Beteiligungen erfuhren eine Veränderung, weil die Leipziger Braunkohlenwerke ausschieden und deren gesamtes Vermögen auf die AG. übergegangen ist, woraus sich ein verändertes Bild in der Bilanz ergibt. Verbindlichkeiten in fremder Währung sind nach planmäßiger Tilgung noch 1 185 750,— $ = 4 980 150,— RM vorhanden, dem gegenüber besitzt die AG. eigene Dollarbonds im Werte von 2 576 000,— RM.

Nr. 28. Thüringer Gasgesellschaft, Leipzig. Die AG. unterhält zwei Abteilungsbetriebe, und zwar Herstellung und Vertrieb von Gas und dessen Nebenprodukten und zweitens Herstellung von elektrischem Kraftstrom in eigenen Werken und dessen Abgabe an Interessenten. Die Bilanz für beide Abteilungen ist gemeinschaftlich, und es finden sich im Berichte keine Angaben über die Wertbeteiligung der Gruppen am Anlagevermögen. Das Unternehmen besitzt eine Reihe von Gaswerken und Elektrizitätswerken sowie Überlandzentralen und ist an einer großen Reihe von Unternehmungen verwandter Arten beteiligt, ferner verfügt es über ein weitverzweigtes Kraftleitungsnetz. Die Bilanz zeigt eine große Flüssigkeit.

Nr. 29. Pfalzwerke Aktiengesellschaft, Ludwigshafen am Rhein. Die mit der Vereinigte Saar-Elektrizitäts A.-G. in Saarbrücken mit dem Ziele späterer Vereinigung geschlossene Interessengemeinschaft hat sich beiderseitig gut ausgewirkt. Bei der Dollaranleiheschuld sind außer der planmäßigen Tilgung die Bestände an zurückgekauften und durch Umtausch erworbene Dollarbonds abgesetzt. Der noch verbleibende Schuldbetrag von 375 000,— $ ergibt, zum Briefkurse des Dollars am 31. 12. 1938 mit 2,495 RM umgerechnet, die ausgewiesene Schuldsumme von 935 250,— RM, während die Differenz zwischen dem Goldkurse (RM 4,20) und dem Kurse am Bilanztage unter Rückstellungen verbucht ist.

Nr. 30. Rheinische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Mannheim. Über die nutzbare Stromabgabe werden im Berichte keine ziffernmäßigen Angaben gemacht, sodern nur erwähnt, daß infolge der Vollbeschäftigung der deutschen Wirtschaft die eigenen Werke der AG. und der Tochtergesellschaften in rasch ansteigendem Maße in Anspruch genommen worden sind. Um den Leistungsbedarf für die Folge sicherzustellen, sind bei verschiedenen Werken Erweiterungen in Angriff genommen, bei anderen die wichtigsten Strombezugsverträge mit den Lieferwerken ergänzt worden. Die Zunahme des Stromabsatzes erfolgte überwiegend bei den industriellen Abnehmern.

Nr. 31. Bayerische Elektrizitäts-Werke, München. Die nutzbare Stromabgabe hat eine Zunahme um 14,8 % zu verzeichnen, die Mehrung entfällt zum großen Teil auf industrielle und gewerbliche Betriebe. Durch auch im Berichtsjahre fortgesetzten Um- und Neubau der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen wurde allen Anforderungen in betriebstechnischer und organisatorischer Hinsicht Rechnung getragen. Die Beteiligungen sind bis auf eine Marknotiz abgeschrieben worden.

Nr. 34. Großkraftwerk Franken Aktiengesellschaft, Nürnberg. Der Steigerung des Stromabsatzes wurde der Ausbau der Anlagen angepaßt und das Verbundnetz weiter ausgedehnt.

Nr. 35. Oberpfalzwerk Aktiengesellschaft, Regensburg. Von der Dollar-Obligationen-Anleihe wurden planmäßig 67 500,— $ durch Auslieferung der entsprechenden Zahl von Originalbonds an den Amerikanischen Treuhänder auf dem Wege über die Konversionskasse Berlin getilgt.

Nr. 37. Großkraftwerk Stettin Aktiengesellschaft, Stettin. Das Konzernverhältnis zu der Stettiner Stadtwerke G. m. b. H. hat keine Änderung erfahren und die Beteiligung derselben beträgt nach wie vor $66^2/_3$ %. — Die Außenbetriebsabteilung der AG. ist ausgegliedert und der Stadtwerke G. m. b. H. mit Wirkung vom 1. 1. 1938 angeschlossen worden. — Auf die Amerika-Anleihe sind durch planmäßige Tilgung 25 000,— $ zur Rückzahlung gekommen.

Nr. 38. Elektrizitäts-Versorgung Württemberg A.-G., Stuttgart. Die Leistungsfähigkeit der Leitungsanlagen wurde auf mehreren Strecken erhöht. Zum Zwecke des Ausbaues weiterer Wasserkräfte hat nach Angliederung der Ostmark an das Reich die Vorarlberger Illwerke A.-G. ihr Aktienkapital von 21 auf 36 Mill RM erhöht, woran die EVW ent-

[1]) Letzter Bericht: ETZ 59 (1938) S. 1335.

Digitized by Google

Vermögensaufstellung und Ertragsrechnung.

Die Zahlen des letzten Geschäftsjahres sind in stärkeren, stehenden Ziffern, die der früheren Jahre in schwächeren, schrägen Ziffern gedruckt. Die Werte sind in 1000 RM angegeben.

Lfd. Nr.	Namen Wohnsitz	Letzte Veröffentlichung in der ETZ	Letztes Betriebsjahr	Aktiva: Anlagevermögen	Aktiva: Beteiligungen	Aktiva: Umlaufsvermögen	Vermögensaufstellung Summe	Passiva: Aktien- oder Grundkapital	Passiva: Reserven u. Rücklagen	Passiva: Wertberichtigungen	Passiva: Verbindlichkeiten	Passiva: Reingewinn	Ausgaben: Betriebs- und Geschäftsunkosten	Ausgaben: Abschreibungen u. Rücklagen	Ausgaben: Zinsen	Ausgaben: Steuern und soziale Abgaben	Ausgaben: Reingewinn	Ertragsrechnung Summe	Erträgnisse: aus Betrieb	Erträgnisse: sonstige	Verteilte Dividende %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	Preußische Elektrizitäts-A.-G., Berlin	1938 S.1102 Nr.22	1.4.38—31.3.39	**127 836** *119 514*	**103 350** *103 615*	**54 842** *48 211*	**286 028** *271 340*	**110 000** *110 000*	**38 115** *34 708*	**48 115** *43 238*	**82 863** *76 505*	**6 895** *6 889*	**4 426** *4 467*	**8 535** *13 248*	**1 759** *1 970*	**5 364** *4 050*	**6 895** *6 889*	**26 984** *30 624*	**18 579** *24 902*	**8 405** *5 722*	**6** *6*
24	ASW. A.-G. Sächsische Werke Dresden	1939 S. 997 Nr. 77	1. 1.—31. 12. 38	**536 488** *432 420*	**36 138** *59 119*	**39 765** *92 838*	**612 391** *584 377*	**120 000** *100 000*	**92 659** *34 079*	**267 208** *263 558*	**125 496** *180 539*	**7 028** *6 201*	**20 289** *18 086*	**28 776** *23 855*	**3 549** *3 619*	**17 206** *14 197*	**7 028** *6 201*	**76 848** *65 957*	**67 226** *54 406*	**9 622** *11 552*	**6** *6*
25	Rhein. Elektrizitäts-Werke im Braunk.-Revier AG., Köln	1938 S.1335 Nr.34	1. 1.—31. 12. 38	**20 822** *19 767*	**0** *0*	**17 937** *12 675*	**38 759** *32 442*	**12 800** *12 800*	**1 280** *2 697*	**19 655** *16 097*	**4 916** *744*	**108** *104*	**1 207** *1 076*	**2 500** *2 500*	**0** *0*	**1 863** *1 594*	**108** *104*	**5 678** *5 274*	**5 041** *4 654*	**637** *620*	— —
26	Ostpreußenwerk A.-G., Königsberg i. Pr.	1938 S.1335 Nr.25	1. 1.—31. 12. 38	**74 401** *66 240*	**41** *41*	**12 411** *13 203*	**86 853** *79 484*	**26 000** *26 000*	**3 607** *3 000*	**32 877** *29 580*	**22 980** *19 522*	**1 389** *1 382*	**3 328** *2 577*	**4 406** *3 748*	**416** *758*	**2 304** *1 799*	**1 389** *1 382*	**11 843** *10 564*	**10 962** *9 663*	**881** *901*	**5** *5*
27	Landkraftwerke Leipzig A.-G., Kulkwitz	1939 S. 995 Nr. 67	1. 7.—31. 12. 38 1. 7. 37—30. 6. 38	**45 240** *30 884*	**128** *1 115*	**3 235** *15 078*	**48 603** *47 077*	**16 000** *16 000*	**900** *970*	**16 500** *14 764*	**14 718** *14 578*	**485** *965*	**1 812** *2 595*	**975** *1 593*	**153** *0*	**819** *1 282*	**485** *965*	**4 244** *6 435*	**4 077** *5 969*	**167** *466*	**3** *6*
28	Thüringer Gasgesellschaft, Leipzig	1938 S.1335 Nr.38	1. 1.—31. 12. 38	**25 211** *27 354*	**24 928** *23 560*	**16 955** *20 840*	**67 094** *71 754*	**28 000** *28 000*	**11 561** *10 891*	**17 800** *19 449*	**7 580** *11 270*	**2 145** *2 144*	**2 166** *2 110*	**1 017** *1 590*	**0** *0*	**1 616** *2 025*	**2 145** *2 144*	**6 944** *7 869*	**3 894** *3 860*	**3 050** *4 009*	**7** *7*
29	Pfalzwerke A.-G.. Ludwigshafen	1938 S.1335 Nr.35	1. 1.—31. 12. 38	**56 391** *54 707*	**2 012** *1 778*	**4 116** *3 240*	**62 519** *59 725*	**12 000** *12 000*	**7 655** *7 019*	**32 394** *31 094*	**9 829** *3 985*	**641** *625*	**4 053** *3 847*	**2 372** *2 032*	**423** *487*	**1 685** *1 439*	**641** *627*	**9 174** *8 432*	**8 510** *7 932*	**664** *500*	**4½** *4½*
30	Rheinische Elektrizitäts AG., Mannheim	—	1. 1.—31. 12. 38	**9 212**	**8 708**	**7 566**	**25 486**	**14 000**	**2 933**	**4 706**	**2 655**	**1 192**	**2 973**	**404**	**0**	**1 801**	**1 192**	**6 370**	**5 010**	**1 360**	**7**
31	Bayerische Elektrizitäts-Werke, München	1939 S. 460 Nr.56	1. 1.—31. 12. 38	**8 119** *8 045*	— —	**3 655** *3 409*	**11 774** *11 454*	**4 000** *4 000*	**706** *634*	**6 560** *6 286*	**164** *177*	**344** *357*	**541** *513*	**613** *526*	**0** *0*	**657** *515*	**344** *357*	**2 155** *1 911*	**1 841** *1 695*	**314** *216*	**8** *8*
32	Innwerk AG. Kraftwerk München	1938 S.1102 Nr.8	1. 1.—31. 12. 38	**58 496** *54 309*	**17** *10*	**3 906** *3 764*	**62 419** *58 083*	**13 200** *13 200*	**3 997** *3 194*	**11 383** *10 570*	**32 916** *30 199*	**923** *920*	**1 137** *823*	**2 008** *1 761*	**924** *493*	**1 390** *695*	**923** *920*	**6 382** *4 692*	**6 248** *4 488*	**134** *204*	**6** *6*
33	Fränkisches Ueberlandwerk AG., Nürnberg	1938 S.1335 Nr.32	1. 1.—31. 12. 38	**27 833** *27 112*	**0** *0*	**5 427** *5 447*	**33 260** *32 559*	**7 205** *7 205*	**9 223** *8 763*	**12 698** *12 140*	**3 663** *3 976*	**471** *475*	**1 683** *3 024*	**1 539** *1 268*	**151** *155*	**1 690** *164*	**471** *475*	**5 534** *5 086*	**5 340** *4 595*	**194** *491*	**6** *6*
34	Großkraftwerk Franken A.-G., Nürnberg	1938 S.1335 Nr.33	1. 1.—31. 12. 38	**24 347** *23 833*	**10** *10*	**7 413** *6 396*	**31 770** *30 239*	**7 313** *7 313*	**5 988** *4 413*	**16 055** *16 075*	**1 922** *1 951*	**492** *487*	**258** *207*	**3 117** *3 138*	**0** *0*	**2 040** *1 562*	**492** *487*	**5 907** *5 394*	**5 746** *5 090*	**161** *304*	**6** *6*
35	Oberpfalzwerke AG. für Elektr.-Versorgung. Regensburg	1938 S.1335 Nr.31	1. 1.—31. 12. 38	**23 776** *22 489*	**125** *125*	**4 106** *3 649*	**28 007** *26 263*	**8 875** *8 875*	**5 308** *5 097*	**6 703** *5 825*	**6 657** *6 003*	**464** *463*	**1 560** *1 438*	**1 423** *2 074*	**292** *352*	**790** *712*	**464** *463*	**4 529** *5 039*	**4 263** *3 866*	**266** *1 173*	**5** *5*
36	Kraftübertragungswerk Rheinfelden, Rheinfelden	1938 S.1102 Nr.5	1. 1.—31. 12. 38	**28 701** *28 834*	**8 393** *7 854*	**7 291** *6 760*	**44 385** *43 448*	**14 000** *14 000*	**4 055** *3 484*	**12 282** *11 687*	**13 115** *13 345*	**933** *932*	**2 273** *2 334*	**1 088** *1 028*	**308** *414*	**1 536** *1 427*	**933** *932*	**6 138** *6 135*	**5 468** *5 367*	**670** *768*	**6** *6*
37	Großkraftwerk Stettin AG., Stettin	1938 S.1335 Nr.40	1. 1.—31. 12. 38	**21 970** *25 282*	**0** *0*	**1 607** *2 516*	**23 577** *27 798*	**7 500** *7 500*	**1 469** *2 024*	**12 327** *14 517*	**2 044** *3 520*	**237** *237*	**2 803** *3 986*	**810** *997*	**68** *108*	**549** *1 030*	**237** *237*	**4 467** *6 358*	**4 420** *6 198*	**47** *160*	**3** *3*
38	EVW. Elektrizitäts-Versorgung Württemberg AG., Stuttgart	1938 S.1102 Nr.3	1. 1.—31. 12. 38	**21 003** *19 357*	**1 547** *625*	**2 142** *1 800*	**24 692** *21 782*	**10 500** *10 500*	**668** *644*	**9 177** *7 975*	**3 713** *2 032*	**634** *631*	**374** *410*	**1 294** *1 039*	**42** *31*	**654** *674*	**634** *631*	**2 998** *2 786*	**2 825** *2 616*	**173** *170*	**5** *5*
39	Thüringenwerk AG., Weimar	1938 S.1102 Nr.16	1. 1.—31. 12. 38	**16 842** *16 261*	**11 092** *10 989*	**3 999** *3 895*	**31 933** *31 145*	**22 200** *22 200*	**948** *927*	**5 284** *4 600*	**2 340** *2 529*	**1 161** *883*	**345** *392*	**880** *1 012*	**0** *18*	**852** *609*	**1 161** *883*	**3 238** *2 914*	**2 898** *2 666*	**340** *248*	**5** *4*
40	Überlandwerk Mainfranken AG., Würzburg	1938 S.1335 Nr.37	1. 1.—31. 12. 38	**14 870** *14 218*	**217** *217*	**2 840** *2 529*	**17 927** *16 964*	**7 000** *7 000*	**3 046** *2 755*	**6 524** *6 044*	**845** *661*	**512** *504*	**889** *765*	**417** *432*	**0** *0*	**877** *750*	**512** *504*	**2 695** *2 451*	**2 529** *2 286*	**166** *165*	**6** *6*
41	Elektr.-Verband Stade u. Übldwk. Nord-Hannover AG., Bremen	1938 S.1102 Nr.17	1. 1.—31. 12. 38	**23 566** *21 303*	**0** *100*	**2 536** *2 068*	**26 102** *23 471*	**19 571** *18 078*	**1 613** *1 325*	**1 582** *563*	**3 336** *3 505*	— —	**203** *69*	**1 434** *1 545*	**226** *215*	**0** *77*	**314** —	**2 177** *1 906*	**2 142** *1 906*	**35** *0*	— —
42	VEW. Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dortmund	1938 S.1335 Nr.27	1. 1.—31. 12. 38	**293 358** *274 057*	**2 097** *2 029*	**25 604** *28 719*	**321 059** *304 805*	**40 000** *40 000*	**29 660** *27 128*	**106 520** *101 980*	**142 325** *133 367*	**2 554** *2 330*	**18 252** *22 158*	**14 063** *9 235*	**4 932** *4 976*	**7 888** *3 890*	**2 554** *2 330*	**47 689** *42 589*	**43 121** *39 851*	**4 538** *2 738*	**4½** *4*
43	Mitteldeutsches Kraftwerk Magdeburg AG., Magdeburg	1939 S. 460 Nr46	1. 4. 38—31. 3. 39	**26 841** *26 952*	**0** *0*	**2 084** *2 282*	**28 928** *29 234*	**10 000** *10 000*	**93** *174*	**11 062** *10 183*	**7 465** *8 672*	**305** *205*	**142** *961*	**891** *1 270*	**369** *377*	**283** *591*	**305** *205*	**1 990** *3 414*	**1 893** *2 922*	**97** *482*	**3** **2**
44	Großkraftwerk Mannheim AG., Mannheim	1939 S. 460 Nr.47	1. 4. 38—31. 3. 39	**28 263** *24 699*	**50** *50*	**2 925** *3 436*	**31 238** *28 185*	**6 150** *6 150*	**399** *384*	**17 872** *16 827*	**6 600** *4 603*	**217** *221*	**1 446** *940*	**1 341** *1 380*	**166** *208*	**528** *395*	**217** *221*	**3 698** *3 144*	**3 609** *3 008*	**89** *136*	**4** *4*

Digitized by Google

sprechend beteiligt sind. Der Rest des Schweizer Darlehens ist zurückgezahlt und der entstandene Abwertungsgewinn unter außerordentliche Erträge ausgewiesen worden.

Nr. 40. Überlandwerk Mainfranken, Würzburg. Die Bilanz weist wieder eine außerordentliche Flüssigkeit auf, da den Anlagewerten reichliche Rücklagen gegenüberstehen und die Verbindlichkeiten allein durch Bankguthaben gedeckt sind.

Nr. 41. Überlandwerk Nord-Hannover A.-G. und Elektrizitätsverband Stade (Zweckverband), Bremen. Der Zweckverband betreibt das Überlandwerk, dessen Aktienkapital in seinem Besitze sich befindet. Die AG. betreibt das Werk selbständig, ist jedoch verpflichtet, den gesamten Überschuß an den Verband abzuliefern. Die Verteilungsnetze von vier Ortschaften wurden ausgebaut und angeschlossen. Außerdem wurde eine erhebliche Anzahl an Erweiterungen und Bauten der bestehenden Ortsnetze ausgeführt.

Nr. 42. VEW. Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen A.-G., Dortmund. Die Sicherstellung der erforderlichen großen Energie-Leistungen mit den dazu gehörigen Übertragungs-Einrichtungen durch rechtzeitig eingeleitete Neubauten und das Gebot einer möglichst umfassenden Elektrifizierung der Landwirtschaft erfordern beträchtliche Finanzmittel über die selbsterwirtschafteten Beträge hinaus. Der Finanzierung dieses Geldbedarfs dienen zwei Maßnahmen, nämlich Aufnahme von 15 Mill RM langfristiger Fremdmittel und Kapitalerhöhung um 30 Mill RM auf 70 Mill RM. Die Kapitalerhöhung erfolgt durch Umwandlung von 10 Mill RM Schulden an die Dachgesellschaft, die Westfälische Elektrizitätswirtschaft (WEW) in Aktien und barer Einzahlung durch Gesellschafter. Im Berichtsjahre erhöhte sich das Anlagevermögen, unter Berücksichtigung der Umbuchungen und Abschreibungen um rd. 19 Mill RM. Die Beteiligungen sind fast unverändert eingesetzt worden und das Umlaufvermögen weist eine nur geringe Steigerung auf. Die Dollarbondsanleihe ist wiederum planmäßig getilgt worden und steht nur noch im ganzen mit 4 038 450,— $ je 4,20 = 16961510,— RM zu Buch, der Kursunterschied am 31. 12. 1938 betrug 6 897 680,— RM. Die Bilanzierung für die drei Zweige, Elektrizität, Gas und Wasser, ist eine gemeinsame, doch werden unter den Anlagevermögen die Kraftwerke usw. mit 233 323 124,— RM aufgeführt.

Nr 43. Mitteldeutsches Kraftwerk Magdeburg AG., Magdeburg. Durch Vertrag vom 15. 7. 1938 sind die Anlagen der AG. rückwirkend ab 1. 4. 1938 auf die Dauer von 30 Jahren an die Elektrowerke A.-G. Berlin, welche auch die Mehrheit des Aktienkapitals der Mitteldeutsches Kraftwerk AG. Magdeburg besitzt, verpachtet. Durch diesen Pachtvertrag ist das bisher alleinstehende Werk in die Kraftwirtschaft der Elektrowerke AG. und in die mitteldeutsche Verbundwirtschaft eingegliedert worden. Die AG. ist für die Dauer des Vertrages eine reine Finanz-Gesellschaft geworden, die in ihrer Ertragsrechnung als Haupteinnahme den Pachtzins von der Elektrowerke AG. Berlin zu verzeichnen hat. Aus dem gleichen Grunde fällt auch die Angabe der technischen Ziffern im Berichte fort. Der Dollaranleihebetrag ist durch weitere Rückkäufe von Bonds auf 145 050,— $ verringert worden. Die Bewertung der ausländischen Schulden erfolgte wie im Vorjahr zum Kurse von 3,807 RM je 1 $ und 81,15 RM für 100 sfrs.

Nr. 44. Großkraftwerk Mannheim AG., Mannheim. Die außerordentlichen Anforderungen, die an die technischen Einrichtungen gestellt werden mußten, bedingten auch für die inzwischen verstärkte Gefolgschaft einen höheren Arbeitseinsatz. Die Anlagen erfuhren eine wesentliche Erneuerung und Erweiterung, um den erhöhten Anforderungen genügen zu können. Zur Bilanz ist zu bemerken, daß die noch nicht eingeforderten Vollzahlungen zum Grundkapital mit 900 000,— RM als ausstehende Forderungen unter Umlaufvermögen eingegliedert sind. — Die 7 % Amerika-Anleihe ist bis auf 241 000,— $ getilgt und zum Kurse von 2,495 RM je 1 $ mit 601 295,— RM in die Bilanz eingesetzt worden. *Trb.*

DK 621.311 (474.3)

Die Kraftwirtschaft Lettlands. [Nach K. Law-Robinson, Ost-Europamarkt 19 (1939) S. 77, 5½ S.]

In Lettland sind drei Kraftquellen vorhanden: Holz, Wasserkraft und Moor. Während der Holzreichtum für Brennmaterial über Gebühr in Anspruch genommen wird, werden Wasserkraft und Moor kaum genutzt. Lettland ist daher auf die Einfuhr von Heizstoffen angewiesen. Die für die Erforschung Lettlands zuständigen Stellen haben eine Untersuchung der Kraftquellen des Landes vorgenommen mit folgendem Ergebnis:

Lettland ist zwar durch eine große Seenplatte im Südosten wasserreich. Für die Elektrizitätswirtschaft ist jedoch keiner der Flußläufe dieses Landesteiles von Bedeutung. Als zur Betreibung eines Kraftwerkes geeignet, erwiesen sich die Flüsse:

Düna	269 000	(33 600)	kW
Kurländische Aa	6 500	(320)	kW
Windau	22 100	(2 100)	kW
Livländische Aa	12 750	(745)	kW
Salis	16 800	(2 370)	kW

Die erstgenannten kW-Zahlen gelten für den April, die in Klammern beigefügten für den Juli als mittlere Leistung. Wie aus ihnen hervorgeht, ist die stark unterschiedliche Leistung der Flüsse der Anlage von Kraftwerken äußerst hinderlich.

Betreffs der Torflager ist das Ergebnis der Kommission folgendes: Während in Deutschland mit seinen reichen Stein- und Braunkohlenlagern die Moore mehr als Brachland, denn als Heizstoffreserven betrachtet werden, ist die Lage für Lettland gewissermaßen umgekehrt. Das Land bietet seiner Bevölkerung genügend Siedlungsraum, vermag aber den ständig steigenden Bedarf an Heizstoffen bei weitem nicht aus eigener Wirtschaft zu decken. Etwa $^1/_{10}$ des Landes hat Moorboden, seine richtige Ausnutzung hat mithin große wirtschaftliche Bedeutung. Im Durchschnitt gibt 1 m³ Torfmoor beim Lufttrocknen 150 kg Torf, die einem Werte von 1 kWh oder 3000 bis 4000 kcal entsprechen. Theoretisch könnte Lettland seinen Energiebedarf im eigenen Lande decken; denn in elektrischen Strom umgerechnet ergeben die 86 Sümpfe Lettlands mit 200 000 ha Fläche und 6,5 Mrd m³ Rauminhalt fast 500 Mrd kWh. Der Abbau der Torflager ist aber sehr teuer und wird heute nur in ganz geringem Umfange durchgeführt. Die Förderungszahlen waren 1936 nur 12 000 t Brenntorf, 1937 25 000 t und 1938 rd. 45 000 t. Bislang war Lettland einer Hilfeleistung durch ausländisches Kapital abgeneigt. Die wachsende Dringlichkeit der Energieversorgung für die Wirtschaft scheint aber einen Wandel dieser Ansichten vorzubereiten. *Trb.*

DK 621.312.003(485)

Die schwedische Elektroindustrie im Jahre 1938[1]). — Die ASEA war im Geschäftsjahr 1938 gut beschäftigt. Die lebhafte Nachfrage hat einen befriedigenden Auftragseingang veranlaßt. Eine Obligationsanleihe in Höhe von rd. 9,0 Mill RM[2]) wurde von 5% auf 3% umgelegt. Entsprechend der neuen Gesetzgebung konnte die Abschreibungsquote der Fabriken in Västerås und Ludvika von 2½% auf 4% erhöht werden. Die Abteilung für Schweißmaschinen wurde in eine Tochtergesellschaft „AB Asea Svetsmaskiner" mit 0,3 Mill RM Aktienkapital umgewandelt. Aus dem Gewinn werden 0,6 Mill RM zur Konjunkturinvestierung für Bauwerke zurückgestellt und 0,45 Mill RM für soziale Zwecke abgeführt. Der Bruttogewinn wurde bei einem Ertrage von rd. 10,0 Mill RM (7,87 i. V.) und nach Abschreibungen mit 2,35 Mill RM (1,14 i. V.) zu 7,65 Mill RM (6,73 i. V.) ausgewiesen. Hierzu kommen Zulagen aus der Grundstücks- und Finanzverwaltung und Abzüge für Zinsen und Steuern, so daß der Reingewinn 6,46 Mill RM (5,91 i. V.) beträgt. Mit dem Gewinnvortrag stehen insgesamt 10,32 Mill RM (8,61 i. V.) zur Verfügung, wovon, wie im Vorjahre, 10% ausgeschüttet werden.

Am Jahresschluß war die Anzahl der Angestellten und Arbeiter in eigenen Büros und Fabriken 11,069, wozu noch 6291 Personen der schwedischen Tochtergesellschaften kommen. Sämtliche Tochtergesellschaften waren gut beschäftigt, gaben Dividende und hatten befriedigende Auftragseingänge.

---

[1]) Bericht über das Jahr 1937: ETZ 59 (1938) S. 1281.

[2]) Als Umrechnungskurs (31. 12. 1938) gilt: 100 RM = 167 skr. (i. V. 160).

Digitized by Google

Die AB Elektrolux weist einen Ertrag von 5,05 Mill RM (5,22 i. V.) aus und stellt unter Hinzurechnung von Zinsen aus der Finanzverwaltung und Dividenden der Tochtergesellschaften, sowie nach Abzug für Geschäftsunkosten und Steuerrückstellung einen Reingewinn von 5,27 Mill RM (5,74 i. V.) zur Verfügung. Mit dem Gewinnvortrag und abzüglich 5% Vorschußdividende ist der verfügbare Betrag 11,47 Mill RM (10,15 i. V.), wovon wiederum 3,33 RM Schlußdividende für 1938 (also insgesamt 13,33%, wie im Vorjahre) ausgeschüttet und 9,66 Mill RM (8,28 i. V.) vorgetragen werden. Der Umsatz erhöhte sich um rd. 6%, dabei waren Staubsauger und Bohner mit etwa 13% beteiligt, wogegen der Kühlschrankverkauf um rd. 4½% gegenüber 1937 zurückging. Die Lizenzgebühren aus den V. S. Amerika ermäßigten sich um rd. 0,6 Mill RM auf Grund der dortigen rückläufigen Geschäftslage im Jahre 1938.

Die Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson meldet trotz der Kontingentierungen Transferschwierigkeiten u. d. einen Umsatz größer als je und zwar in Mill RM nach der folgenden Aufstellung:

	Umsatz		Vorliegende Aufträge	
	1937	1938	1937	1938
Telephonfabrik	12,2	21,4	18,0	21.5
Kabelwerk Älvsjö	3,1	3,9	1,5	1.3
Sonstige Werke	45,6	56,7	32.0	38,5
	60,9	82,0	51,5	61.3

Die Anzahl der Betriebsangehörigen der Gesellschaften in Polen, Italien und Mexiko, sowie Argentinien erhöhte sich von 297 313 auf 322 609. Das neue Fabrik- und Verwaltungsgebäude in Tellusborg schreitet planmäßig vorwärts. Die Kosten betrugen am Jahreswechsel einschließlich Neubeschaffung von Maschinen 2,27 Mill RM. Die Tochtergesellschaft, AB Alpha, erhöhte ihr Aktienkapital von 0,36 auf 0,45 Mill Kronen durch Gratisemission. Die englische Ericsson Telephones Ltd. erzielte einen erhöhten Reingewinn und gibt wiederum 25%. Der Bruttogewinn stieg auf 8 Mill RM (6,94 i. V.). Unter Hinzurechnung von Lizenzen, Dividenden und Zinsen bzw. Abzug von Handlungsunkosten, Zinsen, Abschreibungen und Steuerrückstellungen, sowie Übertragung an die Ruhegehaltseinrichtung bleibt ein Reingewinn von 2,65 Mill RM (wie i. V.). Hiervon wurden 4,3% (wie i. V.) Dividende ausgeschüttet, 0,6 Mill RM dem Reservefond zugeführt und 0,51 Mill RM vorgetragen. *Hldn.*

DK 631.3(73) : 621.3

Elektrizität für die Landwirtschaft in den V. S. Amerika. [Nach Military Engr. 30 (1938) Nr. 171, S. 206; 3 S., 3 Abb.]

Im Jahre 1935 hat ein Gesetz in den V. S. Amerika die „Rural Electrification Administration" ins Leben gerufen, also eine Behörde, die die Verwendung der Elektrizität auf dem Lande als Triebkraft fördern soll. Mit dieser Gründung wurde mehr als ein Zweck verfolgt. Zunächst sollte dem Landwirt die schwere Arbeit erleichtert werden. Ferner sollte einerseits an Arbeitskräften in der Landwirtschaft gespart, anderseits aber der Landflucht entgegengearbeitet werden. Den an der Erzeugung und der Verwertung von Strom beteiligten Zweigen des Gewerbes sollte Arbeit und Absatz verschafft werden.

In der kurzen Zeit ihres Bestehens hat die Landbehörde für Stromversorgung viel nützliche Arbeit geleistet. Als die Behörde ihre Arbeit begann, waren etwa 10% der landwirtschaftlichen Betriebe mit Strom versorgt; schon bis Anfang 1938 war dieser Anteil auf 18% gestiegen, und von den 6,8 Mill Farmen hatten schätzungsweise 1,2 Mill Anschluß an das Stromnetz. Seitdem sind sicher sehr erhebliche weitere Fortschritte gemacht worden.

Um ihre Aufgabe zu erfüllen, gewährt die Landbehörde zunächst Darlehn zur Errichtung von Fernleitungen zum Anschluß von Farmen an das Stromnetz in Fällen, in denen der Farmer bereit ist, Elektrizität in seinem Betrieb zu verwenden, bisher aber davon absehen mußte, weil keine Leitung in der Nähe seines Gutshofs vorbeiführte. Die Darlehn werden an Verbände von Landwirten, aber auch an öffentliche und private Kraftwerke bis zum vollen Betrag der Kosten für das zu errichtende Leitungsnetz gegeben und sind mit 3% und weniger zu verzinsen und in 20 Jahren zu tilgen. Wo es nötig ist, werden dem einzelnen Landwirt noch Beihilfen zur Ausstattung seines Hofs mit den nötigen Einrichtungen in Form eines Darlehns gegeben, das er in fünf Jahren zu tilgen hat. Die Landbehörde untersucht die Pläne zur Stromversorgung des flachen Landes, die ihr vorgelegt werden, auf ihre technische und wirtschaftliche Ausführbarkeit und wirkt bei denen, die sie durch ihre Geldmittel unterstützt, bei der Ausführung und beim Betriebe helfend und beratend mit. Sie setzt die Höhe der Beihilfen, die für die Ausführung zu gewähren sind, fest und überwacht deren Verwendung. Sie sucht für die Antragsteller die für sie günstigste Kraftquelle aus und vermittelt zwischen ihnen und den technischen Kräften, die ihre Pläne ausarbeiten, und den Unternehmern, die sie ausführen. Sie prüft diese Pläne und auch die Verträge mit den Unternehmern.

Auch für den Betrieb steht den Landwirten die Hilfe der Landbehörde zur Verfügung. Sie zeigt ihnen, wie sie am vorteilhaftesten von der neuen Kraftquelle Gebrauch machen können, und zwar nicht nur in technischer, sondern auch in wirtschaftlicher Beziehung. Dabei sorgt sie auch dafür, daß die Wirtschaftspläne unter Berücksichtigung der Rückzahlungen für die Darlehn, die sie gewährt hat, aufgestellt werden.

Bis Anfang 1938 waren an 120 Stellen Stromversorgungen im Betrieb, die mit Mitteln der Landbehörde errichtet worden waren. An vielen von ihnen wurden Erweiterungen angelegt, und 165 weitere Leitungsnetze waren im Bau. Dadurch werden etwa 200 000 auf dem Lande lebende Familien mit über eine Million Angehörigen in 40 von den 48 Staaten neu mit Strom und mit den mit ihm verbundenen Annehmlichkeiten versorgt. Zur Errichtung von Kraftwerken werden Beihilfen nur gewährt, wenn es nicht möglich ist, den Strom aus einem vorhandenen Werk zu beziehen, doch ist dies bis Anfang 1938 bis zum Betrage von 6,5 Mill RM geschehen. Private Kraftwerke haben im Jahre 1937 Kraftleitungen von schätzungsweise 66 000 km Länge zur Versorgung ländlicher Bezirke mit Strom im Zusammenhang mit den Arbeiten der Landbehörde errichtet; das waren ungefähr 14 400 km mehr als im Vorjahr, das schon gegen 1935 eine Verdoppelung gebracht hatte. Sie haben dabei in den ersten 2½ Jahren des Bestehens der Landbehörde 300 000 Farmen mit Strom neu versorgt, während in den Jahren 1933 und 1934, also vor dem Bestehen der Behörde, die entsprechende Zahl für beide Jahre zusammen nur 34 000 war.

Die Arbeit der Landbehörde für Stromversorgung kommt aber nicht nur der Landwirtschaft zugute, sondern auch den Zweigen des Gewerbes, die an der Erzeugung und Verteilung des Stroms beteiligt sind. Auch die Kraftwerke haben von der Ausbreitung des elektrischen Stroms auf dem Lande ihren Vorteil.

Trotz der in den letzten Jahren erzielten Fortschritte mit der Versorgung der Landwirtschaft mit Strom, bleibt noch viel zu tun übrig. Die Zahl der Farmer, die Kraftwagen besitzen, ist mehr als dreimal so groß und die Zahl derjenigen, die am Rundfunk beteiligt sind, ist mehr als doppelt so groß wie die Zahl derjenigen, die mit Elektrizität als Triebkraft und als Lichtquelle arbeiten. Man führt dies darauf zurück, daß für Kraftwagen und Rundfunk eine lebhafte Werbetätigkeit entwickelt worden ist, schließt aber anderseits daraus, daß in landwirtschaftlichen Kreisen Interesse für die neuzeitlichen technischen Hilfsmittel vorhanden ist.

Die Lieferwerke für elektrische Geräte u. dgl. haben die Gelegenheit, die ihnen für den Absatz ihrer Erzeugnisse geboten wird, richtig erkannt und entwickeln eine lebhafte Werbetätigkeit, um den Kreis ihrer Abnehmer zu erweitern.

Die bisherigen Vorgänge auf dem hier geschilderten Gebiet erwecken in den V. S. Amerika die Hoffnung, daß die Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft in der nächsten Zeit große Fortschritte machen wird. Die Landbehörde hat einen Zehnjahresplan aufgestellt, und sie hofft, daß, ehe die nächsten zehn Jahre vergangen sind, mindestens die zweite Million von landwirtschaftlichen Betrieben mit Elektrizität versorgt sein wird. *kke.*

Handelsregistereintragung. — Fernseh G. m. b. H., Berlin, Berlin-Zehlendorf, Goerzallee (410 000 RM): Erwerb und Verwertung von Schutzrechten auf dem Gebiet des Fernsehens, sowie Herstellung und Vertrieb von Fernsehgeräten

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1180 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

VDE-Vorschriften für Starkstromfreileitungen als baupolizeiliche Richtlinien.

In ETZ 60 (1939) H. 41, S. 1195 hatten wir auf den Erlaß des Reichsarbeitsministers — IV c 9 Nr. 8630 c 11/39 — vom 20. 9. 1939 hingewiesen, durch den die Behörden angewiesen werden, die Vorschriften im Rahmen der bestehenden allgemeinen baupolizeilichen Bestimmungen zu beachten. In Ergänzung dieses Erlasses hat der Reichsarbeitsminister nunmehr darauf hingewiesen, daß die Umstellvorschriften einen Bestandteil der Vorschriften bilden und ebenso wie die Vorschriften selbst zu beachten sind. Der Erlaß hat folgenden Wortlaut:

Der Reichsarbeitsminister — Berlin SW 11, den 28. Oktober 1939, Saarlandstr. 96.
IVc 9 Nr. 8630c 14/39

An

a) die Landesregierungen (außer Preußen) — Baupolizeiressorts —

b) den Herrn Reichskommissar für das Saarland, Kaiserslautern/Rpf.

c) den Herrn Reichskommissar für die Wiedervereinigung Österreichs mit dem Deutschen Reich (Ministerium für Wirtschaft und Arbeit — Abt. V) — Wien

d) den Herrn Reichsstatthalter für den Reichsgau Sudetenland, Abt. III Arbeit, Reichenberg

Betr.: Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen (VDE 0210/X. 38).

Mit Runderlaß vom 20. 9. 1939 — IV c 9 Nr. 8630 c 11/39 — habe ich die vom Verband Deutscher Elektrotechniker neu aufgestellten Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen (VDE 0210/X. 38) übersandt und gebeten, die nachgeordneten Behörden anzuweisen, die Vorschriften im Rahmen der bestehenden allgemeinen baupolizeilichen Bestimmungen zu beachten. Zur Behebung von Zweifeln teile ich mit, daß die vom gleichen Verband aufgestellten Umstell-Vorschriften einen Bestandteil der Vorschriften bilden und nur für Inlandslieferungen Geltung haben.

Ein Stück der z. Zt. geltenden Umstellvorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen (VDE 0210 U/XI. 37) füge ich mit der Bitte um weitere Veranlassung bei.

———

Abschrift übersende ich zur gefl. Kenntnis mit der Bitte, für Preußen das Entsprechende zu veranlassen.

An den Herrn Preußischen Finanzminister, Berlin C 2.

———

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 28. November 1939, 18^{00}, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Tagesordnung

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Bericht des Schatzmeisters über den Jahresabschluß 1938.
3. Bericht der Rechnungsprüfer über die Rechnungsführung für das Jahr 1938.
4. Vortrag des Herrn Prof. Dr. phil. K. Arndt VDE, Berlin-Charlottenburg, über das Thema: „Galvanische Batterien, insbesondere Trockenelemente".

Inhaltsangabe:

Die Bedeutung der galvanischen Elemente als Schwachstromlieferer.
Die Fabrikation der Trockenelemente.
Die stromliefernden und anderen Vorgänge im Braunsteinelement.
Die Rolle des Natur- und Kunstbraunsteins, des Graphits, der Zusätze von Ruß und Salmiak in der Puppe; der Elektrolyt, das Zink.
Ersatz des Braunsteins durch Luftsauerstoff als Depolarisator.
Vergleich mit den Akkumulatoren.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer.
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 23.11. (Do), 19^{30}, El. Inst.: „Niederspannungsschaltgeräte für gesteigerte Ansprüche". Dir. H. Franken VDE.

Fachgruppe Energiewissenschaft — Gauwaltung Wien. 29. 11. (Mi), 18^{00}, Haus der Technik: „Entstehung und Bekämpfung von Überspannungen in elektrischen Netzen" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Schultheiss VDE.

Außeninstitut der T. H. Berlin und Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure. 3 Vorträge (doppelstündig) über „Industrielle Elektrowärme-Erzeugung und -Verwertung". Freitags 18^{00} bis 19^{30}, Hauptgebäude der T. H., H 25.

8. 12. 39: Schweißen, Obering. Zahn.
15. 12. 39: Schmelzen. Obering. Driller.
5. 1. 40: Härten und Glühen. Dr. Simon.

Karten für die ganze Reihe 2 RM; für Studenten (Ausweis) 1 RM. Für Einzelvorträge werden Karten nicht abgegeben.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Berlin. 30. 11. (Do), 17^{30}, T.H., H. 158: „Bericht über die 10. Vollversammlung der Internationalen Beleuchtungs-Kommission Scheveningen 1939". Dr. F. Born.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin u. Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 29. 11. (Mi), 17^{15}, Hauptgebäude der T. H.: „Elektrische Messung und Aufzeichnung schnell veränderlicher mechanischer Kräfte". Dr.-Ing. L. Merz, Berlin.

PERSÖNLICHES.

H. von Glinski †. — Am 4. November d. J. starb nach längerer Krankheit Regierungs- und Baurat a. D. Hermann v. Glinski VDE Chemnitz. Er war lange Jahre Vorstandsmitglied der Poege-Elektrizitäts-A.-G. in Chemnitz bis zu deren Auflösung. Zuletzt war er als beratender Ingenieur VBI und

Digitized by Google

Wirtschaftsprüfer tätig. Er ist einer der Gründer des ehemaligen Elektrotechnischen Vereins in Chemnitz und war lange Jahre sein 1. Vorsitzender.

O. Knoll. — Herr Dr.-Ing. habil. Otto Knoll in Karlsruhe ist unter Zuweisung an die Fakultät für Maschinenwesen und Elektrotechnik der Technischen Hochschule Karlsruhe zum Dozenten für das Fach Lichttechnik ernannt worden.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten.]

Bücher.

Überspannungen und Überspannungsschutz. Von Dr.-Ing. G. Frühauf. (Sammlung Göschen Bd. 1132.) Mit 98 Abb., 5 Tafeln u. 122 S. im Format 110 × 160 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin 1939. Preis geb. 1,62 RM.

[Das gut ausgestattete Büchlein bringt aus berufener Feder wohl erstmalig in gedrängter Form eine dem heutigen Stand der Technik entsprechende zusammenfassende Darstellung dieses vielseitigen Gebietes. Aus dem Inhalt: Schaltüberspannungen. Blitzüberspannungen (unmittelbare und induzierte) und Blitzströme. Festigkeit der Isolation elektrischer Anlagen gegenüber Stoßspannungen. Stoßüberschlagsverhalten von Isolatoren und Funkenstrecken. Erzeugung von Stoßspannungen und Verfahren zu deren Messung, Kugelfunkenstrecke und Kathodenstrahloszillograph. Messung von Blitzströmen mit Stahlstäbchen. Schutz von Hochspannungsfreileitungen gegen Gewitterüberspannungen, Erdseil, Masterdung, Erdschlußlöschung, selbstlöschende Schutzfunkenstrecken, Kurzschlußfortschaltung. Schutz von Niederspannungs- und Fernmeldefreileitungen. Isolationsabstufung in Hochspannungsnetzen. Schutz der Station durch Grobfunkenstrecke, Überspannungsableiter, Kondensatoren. Ableiter mit spannungsabhängigem Widerstand, ihre Bauteile und ihre Prüfung. Stoßvorgänge in Maschinen- und insbesondere Transformatorwicklungen. Schwingungsfreie Transformatorwicklungen durch Feldsteuerung. Sprungwellen- und Stoßprüfung von Transformatoren. — Für Neuauflage wird Aufnahme eines ausführlichen Schrifttumverzeichnisses angeregt.] *Jt.*

Vereinfachte theoretische Grundlagen der angewandten Elektrotechnik. Von F. J. Rutgers. Mit VI u. 46 S. im Format 135 × 205 mm. Verlag Ernst Wurzel, Zürich 1939. Preis kart. 2,80 Frs.

[Das Büchlein, ursprünglich vom Verfasser als Repetitorium an der T. H. Kairo für seine Hörer gedacht, enthält die Grundbegriffe und Maßsysteme der Elektrotechnik unter Verwendung des praktischen Maßsystems. Der Inhalt gliedert sich in: Das magnetische Feld, Das elektrische Feld, Elektromagnetische Wirkungen des Stromes, Induktionswirkungen und Zusammenhang zwischen elektrischen und magnetischen Feldern, Maßsysteme und Einheiten.]

Deutschlands Elektrizitätsversorgung. 1. Teil: Die Leitungen. Eine Arbeitsgemeinschaft für Versuche in Schülergruppen und für Lehrversuche in Verbindung mit den zugehörigen theoretischen Erläuterungen. Zusammengestellt nach Themen in laufender Folge von Dr. F. Moeller. Mit 42 Abb., VII u. 92 S. im Format 155 × 215 mm. Verlag Otto Salle, Frankfurt am Main 1939. Preis geb. 2,80 RM.

[Entsprechend dem Verwendungszweck des Büchleins sind verschiedene Themen über die Leitungen gestellt und Versuche eingehend beschrieben. Gerade die letzteren werden dem Schüler eindringlich die Zusammenhänge in der Elektrizitätsversorgung vor Augen führen. Theoretische Abhandlungen sind grundsätzlich vermieden.]

Die große Rundfunk-Fibel. Eine leicht verständliche und doch gründliche Einführung in die Rundfunktechnik. Von Dr.-Ing. F. Bergtold. 3. neu bearb. u. erweit. Aufl. Mit 145 Abb. u. 262 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1939. Preis kart. 4,50 RM, geb. 6 RM.

[Hochfrequenztechnische Vorgänge in dieser einfachen Art zu schildern ist ungeheuer schwer und erfordert nicht nur ein großes Können, sondern auch ein reichliches Maß von pädagogischen Erfahrungen. Der Verfasser hat die dritte Auflage dieses schnell bekanntgewordenen Buches wiederum sorgfältig überarbeitet und dem neuesten Stande der Rundfunktechnik angeglichen.]

Rundfunk ohne Störungen. Die Entstehung, Ausbreitung und Beseitigung von Empfangsbeeinflussungen. Mit alphabet. Störerübersicht. Von H. G. Engel u. K. Winter. 2. neubearb. Aufl. Mit 131 Abb. u. 182 S. im Format 155 × 230 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin, Roth & Co. 1939. Preis kart. 4,90 RM.

[Die neue Auflage ist auf Grund zahlreicher Anregungen aus den Kreisen der Industrie und der Entstörungspraktiker verbessert und erweitert und gibt einen umfassenden Überblick über die Störungsquellen und ihre Bekämpfung.] *Mbt.*

Rundfunkröhren. Eigenschaften und Anwendung. Ergänzungsband 1939 zur 3. und 4. Auflage. Von L. Ratheiser. Mit 117 S. u. 79 Abb. im Format B 5. Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin, Roth & Co. 1939. Preis kart. 1,50 RM.

[Das Buch ergänzt in seinem ersten Teil den Hauptband durch die in diesem Jahr auf dem Markt erschienenen Röhren der E- und U-Serie und einige Sondertypen für das Fernsehen. Der zweite Teil behandelt die Röhren in der Empfängerschaltung. Den Abschluß des Ergänzungsbandes bilden die Kennlinien.] *Cms.*

Über den Dienst in Wahlämtern und seine Regelungen. Von H. Riebeling. (Sonderdruck aus „Telegraphen-Praxis" 1938—1939) Mit 62 S. im Format 125 × 190 mm. Franz Westphal Verlag, Wolfshagen-Scharbeutz 1939. Preis kart. 1,60 RM.

Résistance Mécanique des Conducteurs Aériens. Von Ing. P. Dévédec. Mit 62 S. im Format 205 × 275 mm. Alliance Graphique S. A., Brüssel 1939.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost (RPF). Bd. 4 mit den Arbeiten vom 1. 1. 1939 bis 30. 6. 1939. Mit zahlr. Abb. u. 79 S. im Format A 4. Sept. 1939. Alleinvertrieb durch Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost, Berlin-Tempelhof.

Preisbildung und Warenregelung. 2. Teil: Eisen- und Metallwirtschaft. Ergänzungslieferung Nr. 31, 32, 33. Verlag H. Luchterhand, Berlin 1939.

Sonderdrucke.

Typische Fälle von elektromagnetischer Welleninduktion gemäß der Wellenkinematik. Von Prof. Dr. K. Uller. Aus: Zeitschrift für die gesamte Naturwissenschaft, 1939, H. 4, Ahnenerbe-Stiftung Verlag, Berlin C 2.

Die Erklärung der elektromagnetischen Indukfion aus der Wellenkinematik und der Fall der bisherigen, wissenschaftlichen, Elektrodynamiken, die allgemeine Induktion. Von Prof. Dr. K. Uller. Aus: Zeitschrift für die ges. Naturwissenschaft, 1939, H. 9/10. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Über direkt anzeigende Geräte zur Messung der Radioaktivität. Von Dr. phil. nat. F. Herold. Aus: „Der Balneologe" 6 (1939) H. 7. Verlag von Julius Springer, Berlin.

Doktordissertationen.

Siegfried Beilfuß, Beiträge zur besseren Ausnutzung von Lagerausgußmetallen. T. H. Hannover 1939.

August Gese, Die Störwirkung des linearen Nebensprechens im Niederfrequenten Rundfunkband. T. H. Hannover 1939. (Erweit. Sonderdruck aus Elektr. Nachr.-Techn. 14 (1937) S. 348.)

Werner Sieber, Zusammensetzung der von Werk- und Baustoffen zurückgeworfenen Wärmestrahlung. T. H. Hannover 1939.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes.

Prof. Dr. K. Arndt VDE, Berlin-Charlottenburg, Spreestr. 15.
Ing. P. Drewell, Berlin-Reinickendorf-Ost, Genfer Str. 41.
Dr.-Ing. L. Merz VDE, Spandau-Haselhorst, Schwerterweg 4.
Reichsbahndirektor O. Michel VDE, München 2 NW, Loristr. 9.

Abschluß des Heftes: 17. November 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 30. November 1939 | Heft 48

Wesen und Anwendung der Amplituden-, Phasenwinkel- und Frequenzmodelung.

Von E. C. Metschl VDE, Berlin.

DK 621.396.216

Übersicht. Die zur Modelung hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen anwendbaren Verfahren werden gruppenweise zusammengestellt und beschrieben. Da jeder periodische Vorgang durch eine Summe harmonischer Vorgänge darstellbar ist und unregelmäßige Zustandsänderungen für die drahtlose Technik kaum von Bedeutung sind, werden in der vorliegenden Arbeit ausschließlich Schwingungen mit zeitlich rein sinusförmigem Verlauf behandelt. In elementarmathematischer Form werden die einzelnen Modelungsvorgänge dargestellt. Die auf diesem Weg gefundenen Zusammenhänge werden graphisch veranschaulicht. Die Entstehung einer Amplitudenmodelung wird, nach Gittermodelung und Anodenmodelung getrennt, besprochen. Die Frequenzmodelung wird als die Unterform einer Phasenwinkelmodelung dargestellt.

Elementarmathematische Darstellung der Modelungsvorgänge.

Ein periodischer Vorgang mit zeitlich sinusförmigem Verlauf läßt sich mathematisch durch eine Gleichung von der Form

$$F(t) = A_0 \cos(a\,t + b) \qquad (1)$$

ausdrücken. Bezogen auf elektromagnetische Schwingungen heißt A_0 die Amplitude und das Argument $a\,t + b$ der Phasenwinkel der Schwingung; dabei bedeutet $a = 2\pi f_0 = \omega_0$ die Kreisfrequenz der Schwingung und $b = \varphi$ deren Phasenwinkel zur Zeit $t = 0$, den sog. Nullphasenwinkel[1]). Die periodische Veränderung eines der beiden obigen Hauptbestimmungsstücke einer Schwingung im Takt einer Tonfrequenz oder des Tongemisches der Sprache bezeichnet man als Modelung und unterscheidet je nach der veränderten Größe zwischen Amplitudenmodelung und Phasenwinkelmodelung[2]).

Im folgenden sollen zunächst die Ansätze für die physikalisch als e i n h e i t l i c h e s G a n z e s zu betrachtende gemodelte Schwingung hergeleitet werden; dabei wird sich zeigen, daß die primäre Darstellungsform einer gemodelten Schwingung in jedem Fall eine P r o d u k t d a r s t e l l u n g ist. Die analytische Behandlung der eigentlichen Produktschwingung, die in einer Darstellung durch Reihen harmonischer Schwingungsfunktionen (Fouriersche Reihen) besteht, wird dann zu dem praktisch wichtigen Ergebnis des Auftretens neuer Frequenzen im Modelungsprodukt führen, die sich nach einfachen Bildungsgesetzen also sog. Seitenband um die Trägerfrequenz ordnen; sie wird als S e i t e n b a n d z e r l e g u n g im Anschluß an die Ableitung des Ansatzes für das jeweilige Modelungsprodukt durchgeführt werden und die Grundlage für die spätere graphische Veranschaulichung der Modelungsvorgänge bilden.

Bei der A m p l i t u d e n m o d e l u n g schwankt die Amplitude der hochfrequenten Trägerschwingung im einfachsten Fall der Modelung mit einem Ton der Kreisfrequenz ω_m im Takt der niederfrequenten Schwingung, ein Vorgang, der sich durch den Ansatz

$$A(t) = A_0 + A_m \cos\omega_m t = A_0(1 + M\cos\omega_m t) \qquad \text{(a)}$$

in die allgemeine Schwingungsgleichung (1) einführen läßt; dabei ist $M \leqq 1$ der Amplitudenmodelungsgrad, der als solcher den Faktor darstellt, mit dem die unmodulierte Trägeramplitude multipliziert werden muß, um die Amplitude der modelnden Schwingung zu erhalten, die auch Amplitudenhub heißt und den Betrag der Schwankung der Trägeramplitude bei Modelung mit dem Modelungsgrad M angibt. Für die amplitudenmodulierte Schwingung erhält man so die Gleichung

$$\begin{aligned} F(t) &= A_0\cos\omega_0 t + A_m \cos\omega_m t \cos\omega_0 t \\ &= A_0(1 + M\cos\omega_m t)(\cos\omega_0 t)\,, \end{aligned} \qquad \text{(I)}$$

wenn φ der Einfachheit halber gleich Null gesetzt wird. Beachtet man, daß das Glied $A_m \cos\omega_m t\, \cos\omega_0 t$ die Gleichung einer r e i n e n S c h w e b u n g, d. h. einer S c h w i n g u n g m i t s c h w i n g e n d e r A m p l i t u d e darstellt, so erkennt man, daß eine amplitudenmodulierte Schwingung als Summe von gleichphasig verlaufender Trägerschwingung und Schwebung aufgefaßt werden kann. Daß auf diese Weise eine Amplitudenmodelung zustande kommt, veranschaulicht Abb. 1 a und b.

Nach bekannten trigonometrischen Regeln läßt sich Gl. (I) in die Form

$$\begin{aligned} F(t) &= A_0\cos\omega_0 t + A_0\frac{M}{2}\cos(\omega_0 + \omega_m)\,t \\ &\quad + A_0\frac{M}{2}\cos(\omega_0 - \omega_m)\,t \end{aligned} \qquad \text{(I')}$$

bringen. Man kommt so zur Seitenbanddarstellung der amplitudenmodulierten Schwingung, die zeigt, daß zur Übertragung aller Frequenzen im Bereich von 0 bis f_m bei der Amplitudenmodelung das Frequenzband $f_0 - f_m$ bis $f_0 + f_m$ in Anspruch genommen wird, d. h. ein Frequenzband von $2 f_m$ Breite; weiterhin ist nach Gl. (I') der Amplitudenmodelungsgrad M das Verhältnis der Summe der Amplituden der Seitenbänder zur Trägeramplitude.

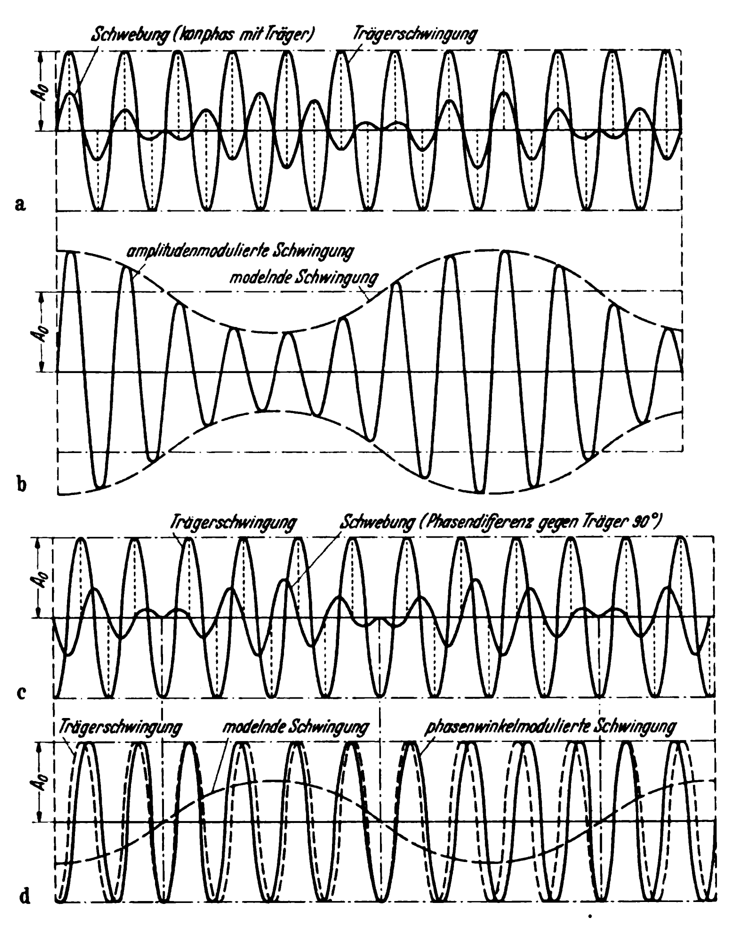
Läßt man statt der Amplitude einer Schwingung deren Phasenwinkel im Takt einer anderen Schwingung

[1]) Diese Benennungen sind nach dem Vorschlag von G. Joos getroffen; siehe hierzu ETZ 58 (1937) S. 164.

[2]) Der im Schrifttum verbreitete Ausdruck „Phasenmodelung" erscheint nicht treffend genug gewählt, wenn man sich an die gegebene strenge Definition der formalen Begriffe in der Schwingungslehre halten will. Unter Phase ist der augenblickliche Gesamtzustand einer Schwingung zu verstehen (s. Joos, wie Fußnote 1). S. a. S. 1384 d. Heftes: „Der Begriff der Modulation."

Digitized by Google

um einen festen Wert schwanken, so erhält man eine Phasenwinkelmodelung. Ausgehend vom gleichen Anfangszustand, der durch den Nullphasenwinkel φ bestimmt ist, weicht also bei der phasenwinkelmodulierten Schwingung der augenblickliche Phasenwinkel vom Phasenwinkel des unmodulierten Trägers ab, wie dies Abb. 1 d



a Trägerschwingung und Schwebung bei der Amplitudenmodelung
b Verlauf einer amplitudenmodulierten Schwingung
c Trägerschwingung und Schwebung bei der Phasenwinkelmodelung
d Verlauf einer phasenwinkelmodulierten Schwingung (Amplitudenmaßstab reduziert auf A_0, Amplitudenmodelung vernachlässigt)

Abb. 1a bis d. Gemodelte Schwingungen.

veranschaulicht. Der Ansatz für die resultierende Schwingungsform ergibt sich aus dieser Definition und aus Gl. (1) zu

$$F(t) = A_0 \cos\,(\omega_0\, t + \Phi \cos \omega_m\, t) = A_0 \cos \Omega\,(t)\,, \quad \text{(II)}$$

wenn φ wiederum Null gesetzt wird; dabei heißt Φ der Phasenwinkelhub und in Anlehnung an die Begriffsbildung bei der Amplitudenmodelung die Größe $\frac{\Phi}{\omega_0 t}$ der Phasenwinkelmodelungsgrad. Eine Unterform der Phasenwinkelmodelung stellt die Frequenzmodelung dar; bei dieser Modelungsart schwankt statt des ganzen Phasenwinkels nur eine seiner Aufbaugrößen, nämlich die Frequenz, im Takt der modelnden Schwingung. Durch Anwendung einer Frequenzmodelung glaubte man ursprünglich mehr Sender als bei Anwendung einer Amplitudenmodelung in einem gegebenen Frequenzband unterbringen zu können. Der Mindestfrequenzabstand zweier Sender, die störungsfrei nebeneinander empfangen werden sollen, muß bei der Amplitudenmodelung nach den vorigen Betrachtungen $2 f_m$ betragen, wenn f_m die höchste Modelungsfrequenz ist. Ausgehend von der Vorstellung, daß bei einer Frequenzmodelung die Frequenzbandbreite durch den Betrag bestimmt ist, um den sich die Frequenz im Takt der Modelungsfrequenz um ihre Ausgangslage verschiebt, ist man in dem Bestreben, in einem gegebenen Frequenzband möglichst viele Sender unterzubringen, versucht, die Anwendung einer Frequenzmodelung vorzuschlagen. Tatsächlich ist nicht ohne weiteres einzusehen, warum diese Annahme falsch sein soll. Zu dieser Feststellung kommt man jedoch bei genauer mathematischer Analysierung der Vorgänge bei der Frequenzmodelung, wie sie zuerst I. R. Carson[3]) und später B. van der Pol[4]) durchführte. Verhältnismäßig einfach kommt man zur Gleichung der frequenzmodulierten Schwingung. Denkt man sich auf einem Kommutator mit einer sinusförmigen Spannungsverteilung im Sinn der Abb. 2 ein Bürstenpaar mit gleichbleibender Win-

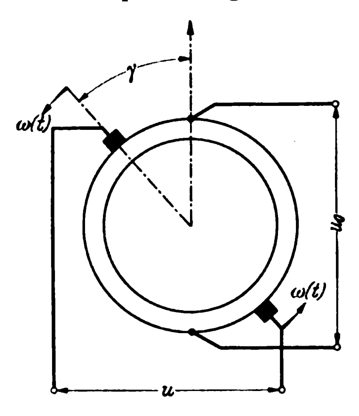


Abb. 2. Anordnung zur Darstellung des Vorganges der Frequenzmodelung.

kelgeschwindigkeit ω_0 kreisen, so hat die unter einem bestimmten Winkel γ am Kommutator abgegriffene Spannung den Wert $u = u_0 \cos \omega_0\, t$, da $\gamma = \omega_0\, t$ ist; am Bürstenpaar tritt eine zeitlich sinusförmig verlaufende Spannung auf. Bei nicht gleichbleibender Winkelgeschwindigkeit ergibt sich der Winkel $\gamma = \int_0^\tau \omega\,(t)\, \mathrm{d}t$, wenn $\omega\,(t)$ die beliebig sich ändernde Winkelgeschwindigkeit ist und zur Zeit $t = 0$ der Winkel $\gamma = 0$ angesetzt wird. Für den Augenblickswert der Spannung am Bürstenpaar erhält man damit die Gleichung

$$u = u_0 \cos \left[\int_0^\tau \omega\,(t)\, \mathrm{d}\, t\right]. \quad (2)$$

Ist $\omega(t)$ eine periodische Funktion der Zeit, wie im Fall der Frequenzmodelung, so entspricht dieser Tatsache der Ansatz

$$\omega\,(t) = \omega_0\,(1 + m \cos \omega_m\, t)\,, \quad \text{(b)}$$

wobei $\omega_0\, m = \Delta\, \omega$ die höchste Zusatzwinkelgeschwindigkeit bedeutet, welche sich der gleichmäßigen Winkelgeschwindigkeit ω_0 überlagert. Mit Gl. (2) ergibt dieser Ansatz für die Frequenzmodelung die Gleichung

$$F\,(t) = A_0 \cos \left(\omega_0\, t + \frac{\Delta\, \omega}{\omega_m} \sin \omega_m\, t\right) \quad \text{(III)}$$

Ein anderer von B. van der Pol eingeschlagener Weg führt über die Differentialgleichung eines Schwingkreises mit zeitlich veränderlicher Kapazität $C(t)$ zur Gleichung der frequenzmodulierten Schwingung. Bezeichnet man mit u die Spannung am Kondensator und mit q dessen Ladung, mit i den Strom im Schwingkreis und mit L dessen Induktivität, so gilt zunächst $\frac{\mathrm{d}\,(L\, i)}{\mathrm{d}\, t} + u = 0$ oder, da L ein Festwert, $u = \frac{q}{C\,(t)}$ und $i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ ist:

$$\frac{\mathrm{d}^2\, q}{\mathrm{d}\, t^2} + \omega^2\,(t)\, q = 0\,; \quad (3)$$

---

[3]) I. R. Carson, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 10 (1922) S. 57.
[4]) B. van der Pol, Proc. Inst. Radio Engrs. 18 (1930) S. 1194.

Digitized by Google

ändert sich nun $C(t)$ zeitlich sinusförmig mit der Frequenz f_m, so gilt: $C(t) = C + \Delta C \cos \omega_m t$; die Differentialgleichung (3) erhält damit die endgültige Form

$$\frac{d^2 q}{d t^2} + \omega_0^2 \left(1 + 2 \frac{\Delta \omega}{\omega_0} \cos \omega_m t\right) q = 0,$$

nachdem

$$\omega^2(t) = \frac{1}{L C} \left(1 - \frac{\Delta C}{C} \cos \omega_m t\right)$$

im praktisch gegebenen Fall, daß $\Delta C \ll C$ ist und

$$\frac{\Delta C}{C} = -2 \frac{\Delta \omega}{\omega_0}.$$

gesetzt werden kann. Mit dem Ansatz [5]) $q = e^{\int z \, d t}$ läßt sich diese Differentialgleichung in eine gewöhnliche Riccatische Differentialgleichung verwandeln, deren Lösung sich für den vorliegenden Fall, daß $\Delta \omega/\omega_0 \ll 1$ und $\omega_m \ll \omega_0$ ist, zu

$$z_{1,2} = \pm j (\omega_0 + \Delta \omega \cos \omega_m t)$$

ergibt; die Lösung für q lautet dann:

$$q = e^{\int z_1 d t} + e^{\int z_2 d t} = A_0 \cos \left[\int (\omega_0 + \Delta \omega \cos \omega_m t) \, d t\right];$$

für die Frequenzmodelung erhält man damit die Gleichung

$$F(t) = A_0 \cos \left(\omega_0 t + \frac{\Delta \omega}{\omega_m} \sin \omega_m t\right) \qquad \text{(III a)}$$

in Übereinstimmung mit dem Ergebnis der zuerst durchgeführten Ableitung.

Die vorigen Rechenbeispiele haben gezeigt, wie man in der Verfolgung physikalischer Vorgänge die Gleichung der frequenzmodulierten Schwingung unmittelbar aus der Anschauung ableiten kann. Es liegt nahe, wie im Fall der Amplitudenmodelung durch Einsatz der Bedingung (a), in die Schwingungsgleichung (1) im Fall der Frequenzmodelung einfach durch Einsatz der überlegungsmäßig bestimmt richtigen Bedingung

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta \omega \cos \omega_m t \qquad \text{(c)}$$

in die Grundgleichung (1) eine Gleichung für die frequenzmodulierte Schwingung zu suchen. Ein solches Vorgehen würde jedoch zu falschen Ergebnissen führen, da Gl. (1) nur für den Fall gleichbleibender Frequenz gilt. Dies zeigt am anschaulichsten die graphische Darstellung eines periodischen Vorganges der Form $F(t) = A_0 \cos \Phi$, wie sie in Abb. 4 a gegeben ist; man sieht daraus, daß die Funktion $F(t)$ in jedem Augenblick als die Projektion eines Zeigers[6]) $\mathfrak{a}$ auf die y-Achse aufgefaßt werden kann; dieser Zeiger läuft mit der Winkelgeschwindigkeit ω_0 um, die in der üblichen Weise zu $\omega_0 = d\Phi/dt$ definiert ist; das Argument hat somit im allgemeinen Fall die Form $\Phi = \int \omega_0 \, d t + \varphi$, und die Grundgleichung (1) lautet in der allgemeinen Form:

$$F(t) = A_0 \cos \left(\varphi + \int \omega_0 \, d t\right). \qquad (1')$$

Nur wenn ω_0 ein Festwert ist, gilt, wie man sieht, Gl. (1). Im anderen Fall, also gerade bei der Frequenzmodelung, muß mit Gl. (1′) gerechnet werden. Beachtet man diesen Umstand, so erhält man die Gleichung:

$$F(t) = A_0 \cos \left[\int (\omega_0 + \Delta \omega \cos \omega_m t) \, d t + \varphi\right],$$

d. h.

$$F(t) = A_0 \cos \left(\omega_0 t + \frac{\Delta \omega}{\omega_m} \sin \omega_m t + \varphi\right), \qquad \text{(III b)}$$

die für $\varphi = 0$ ebenfalls in Gl. (III) übergeht.

---

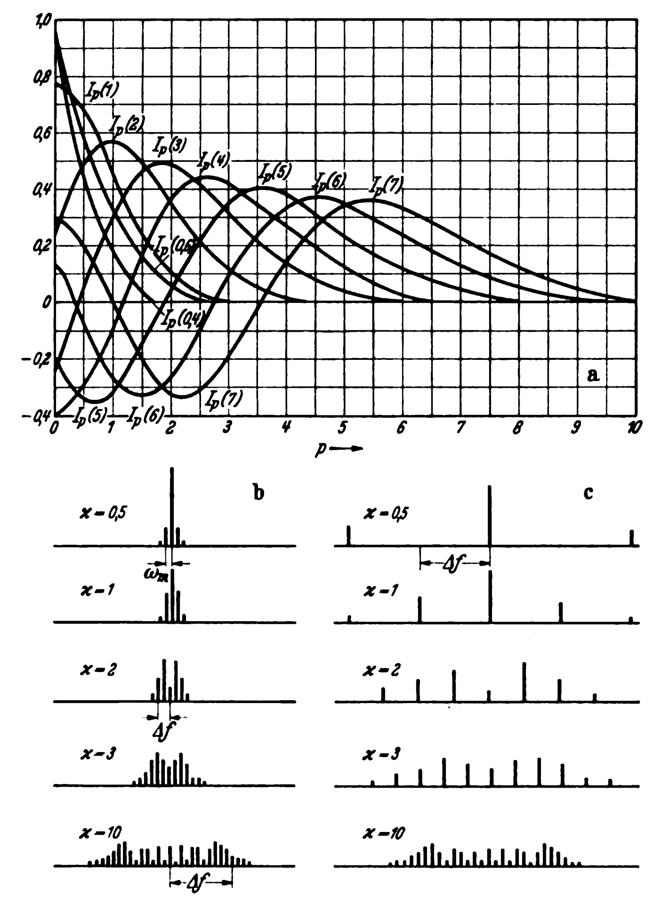
[5]) H. Poincaré, Mécanique Céleste, Bd. 2, S. 253, Paris, Gauthier-Villars et Fils 1902.

[6]) Es ist hier von einem umlaufenden Zeiger und nicht von einem Vektor die Rede; auch im folgenden soll statt des Wortes „Vektor" stets das Wort „Zeiger" gebraucht werden, da der Vektorbegriff [ETZ 58 (1937) S. 164] dem dreidimensionalen Raum vorbehalten bleiben soll.

Wendet man auf die Gleichung der Frequenzmodelung die allgemeine Definition der Frequenz eines periodischen Vorganges $F(t) = \cos(\Omega t)$ als das $1/2\pi$-fache des ersten Differentialquotienten des Phasenwinkels an, so erhält man für den Augenblickswert der Frequenz einer frequenzmodulierten Schwingung den Ausdruck

$$F_f = f_0 + \Delta f \cos \omega_m t.$$

Der Höchstwert Δf der Frequenzänderung bei Frequenzmodelung wird Frequenzhub, manchmal auch Frequenzwobbelhub genannt. Seine Größe hängt von der Lautstärke des modelnden Tones ab. Als Frequenzmodelungsgrad kann die Größe $\Delta f/f_0$ betrachtet werden.



a Besselsche Funktion bei festem Argument und veränderlicher Ordnung
b Frequenzspektrum bei verschiedenem Modelungsindex (feste Modelungsfrequenz und veränderter Frequenzhub)
c desgl. (fester Frequenzhub und veränderte Modelungsfrequenz)

Abb. 3 a bis c. Frequenzspektren bei Frequenz- bzw. Phasenwinkelmodelung.

Nach der einfachen trigonometrischen Additionsregel läßt sich die Gl. (III) in die Form

$$F(t) = A_0 \left[\cos \omega_0 t \cos \left(\frac{\Delta \omega}{\omega_m} \sin \omega_m t\right) - \sin \omega_0 t \sin \left(\frac{\Delta \omega}{\omega_m} \sin \omega_m t\right)\right] \qquad (4)$$

bringen. Die zweiten Faktoren der beiden Summanden lassen sich nun in die bekannte Reihe

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - + \ldots$$

bzw.

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - + \ldots$$

zerlegen, und man erhält so die Reihenformel

Digitized by Google

$$F(t) = A_0 \left\{ \cos(\omega_0 t) \left[1 - \frac{1}{2!} \left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^2 \sin^2(\omega_m t) + \frac{1}{4!} \left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^4 \sin^4(\omega_m t) - + \ldots \right] - \sin(\omega_0 t) \left[\frac{\Delta f}{f_m} \sin(\omega_m t) - \frac{1}{3!} \left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^3 \sin^3(\omega_m t) + \frac{1}{5!} \left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^5 \sin^5(\omega_m t) - + \ldots \right] \right\}. \quad (5)$$

Damit ist die Gleichung für die frequenzmodulierte Schwingung auf elementarmathematischem Weg in zwei alternierende Reihen aufgelöst, die so beschaffen sind, daß der Wert ihres n-ten Gliedes beim Wachsen der Ordnungszahl n beständig abnimmt. Für eine Näherungsbetrachtung ist der Lehrsatz maßgebend, daß beim Abbrechen an einer bestimmten Stelle der Fehler, absolut genommen, stets kleiner ist, als das folgende Glied und dessen Vorzeichen hat. Die noch auftretenden Potenzen von $\sin(\omega_m t)$ lassen sich ihrerseits wieder in Reihen zerlegen; entsprechend den Formeln

$$\sin^2 x = \frac{1}{2}(1 - \cos 2x),$$
$$\sin^3 x = \frac{1}{4}(3 \sin x - \sin 3x),$$
$$\sin^4 x = \frac{1}{8}(3 - 4\cos 2x + \cos 4x),$$
$$\sin^5 x = \frac{1}{16}(10 \sin x - 5 \sin 3x + \sin 5x),$$
$$\sin^6 x = \frac{1}{32}(10 - 15\cos 2x + 6\cos 4x - \cos 6x) \text{ usw.}$$[7]

erhält man dann die Funktion $F(t)$ in der entwickelten Form zu

Ordnung in Abb. 3a zur Erinnerung gebracht wird. Sowohl Gl. (6) wie Gl. (7) zeigen, daß bei der Frequenzmodelung eine nach oben und unten unbegrenzte Zahl von Seitenbändern auftritt, deren Stärke durch die Besselfunktionen erster Art entsprechender Ordnung vom Argument $\Delta f / f_m$ bestimmt ist, das man den Modelungsindex $\varkappa$ nennt. Damit ist gezeigt, daß durch eine Frequenzmodelung die Gesamtbreite eines Senders auf keinen Fall gegen die bei Amplitudenmodelung auftretende Frequenzbreite verringert werden kann. Das Spektrum eines frequenzmodulierten Senders ist für verschiedene Indexwerte in Abb. 3b, c dargestellt. Diese Abbildung zeigt, daß bei kleinem Indexwert ($\varkappa < 0{,}5$) das Spektrum praktisch nur aus dem Träger und den Seitenbändern $f \pm f_m$ besteht. Bei Beachtung der Tatsache, daß nun $I_0(\varkappa) \approx 1$ und $I_1(\varkappa) \approx \varkappa/2$ ist, während die Funktionen höherer Ordnung vernachlässigt werden können, erhält man die einfache Gleichung:

$$F(t) = A_0 (\cos \omega_0 t - \varkappa \sin \omega_m t \sin \omega_0 t). \quad (8)$$

Ein Vergleich dieser Gleichung mit der Gl. (I) der amplitudenmodulierten Schwingung zeigt, daß sich beide Gleichungen, abgesehen von den Größen M und $\varkappa$, nur dadurch unterscheiden, daß die beiden Komponenten, aus denen sich die Zeitfunktion zusammensetzt, im Fall der

$$F(t) = A_0 \left\{ \left[\left(1 - \frac{1}{4}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^2 + \frac{1}{64}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^4 - + \ldots\right) \cos \omega_0 t + \left(\frac{1}{4}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^2 - \frac{1}{48}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^4 + - \ldots\right) \cos 2\omega_m t \cos \omega_0 t + \left(\frac{1}{192}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^4 - + \ldots\right) \cos 4\omega_m t \cos \omega_0 t + \ldots\ldots \right] - \left[\left(\frac{\Delta f}{f_m} - \frac{1}{8}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^3 + \frac{1}{192}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^5 - + \ldots\right) \sin \omega_m t \sin \omega_0 t + \left(\frac{1}{24}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^3 - \frac{1}{384}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^5 + - \ldots\right) \sin 3\omega_m t \sin \omega_0 t + \left(\frac{1}{1920}\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^5 - + \ldots\right) \sin 5\omega_m t \sin \omega_0 t \right] \right\}. \quad (6)$$

Bei Anwendung der Funktionentheorie auf die in Gl. (6) elementar entwickelte Gl. (4) der frequenzmodulierten Schwingung erweisen sich die zweiten Faktoren der beiden Summanden dem Gebiet der Besselschen Funktionen zugehörend[8]). Indem

$$\cos(x \sin y) = I_0(x) + 2 I_2(x) \cos 2y + 2 I_4(x) \cos 4y + 2 I_6(x) \cos 6y + \ldots$$

und

$$\sin(x \sin y) = 2 I_1(x) \sin y + 2 I_3(x) \sin 3y + 2 I_5(x) \sin 5y \ldots$$

ist, erhält man bei Ersatz von x durch $(\Delta f / f_m)$ und von y durch $\omega_m t$ die Gleichung

$$F(t) = A_0 \left\{ I_0\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right) \cos \omega_0 t + I_1\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right) (\cos(\omega_0 + \omega_m) t - \cos(\omega_0 - \omega_m) t) + I_2\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right) [\cos(\omega_0 + 2\omega_m) t + \cos(\omega_0 - 2\omega_m) t] + \ldots \right\}, \quad (7)$$

wobei $I_p\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)$ $[p = 1, 2, 3 \ldots]$ die Werte der Besselschen Funktionen erster Art sind, die Funktionentafeln[8a]) entnommen oder durch Entwicklung der Reihe

$$I_p\left(\frac{\Delta f}{f_m}\right) = \frac{1}{p!}\left(\frac{\Delta f}{2 f_m}\right)^p \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} \frac{p!}{(p+k)!} \left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^{2k} (-1)^k$$

mit beliebiger Genauigkeit berechnet werden können und deren Verlauf bei festem Argument und veränderlicher

Amplitudenmodelung die gleiche Phasenlage haben und bei der Frequenzmodelung eine 90gradige Phasenverschiebung gegeneinander aufweisen. Liegt eine Frequenzmodelung mit großem Frequenzhub vor, d. h. ist $\varkappa > 0{,}5$, so läßt sich dieser Modelungsvorgang nicht mehr durch zwei Schwingungskomponenten beschreiben; wie Gl. (7) zeigt, treten jetzt Seitenbandschwingungen mit den Frequenzen

$$\omega_0 \pm \omega_m, \; \omega_0 \pm 2\omega_m, \; \omega_0 \pm 3\omega_m \ldots$$

auf; die ungeradzahligen $[I_1(k), I_3(k) \ldots]$ resultierenden Komponenten sind wiederum um 90° in der Phase gegen die Trägerschwingung verschoben, bewirken also eine Frequenzmodelung, die geradzahligen Komponenten sind mit der Trägerschwingung konphas und bewirken eine Amplitudenmodelung. Die Umhüllungskurve der Seitenbandamplituden ist bestimmt durch die Besselfunktion

$$F(p) = I_p \frac{\Delta f}{f_m}.$$

Diese Funktion schwingt mehrmals um die Nullachse und erreicht nach den Ausführungen von E. Meissel[8b]) ein absolutes Maximum für den Wert

$$p = \frac{\Delta f}{f_m} - 0{,}8086 \left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^{1/3} - 0{,}0606 \left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^{-1/3} - 0{,}0316 \left(\frac{\Delta f}{f_m}\right)^{-1}.$$

Hinter diesem Höchstwert sinken die Amplituden schnell auf kleine Werte; ein weiterer Nulldurchgang erfolgt nun nicht mehr; die Einhüllende nähert sich asymptotisch der p-Achse. Allgemein folgt aus der Meisselschen Formel, daß das stärkste Seitenband um so weiter von der Trägerfrequenz abliegt, je größer der Frequenzhub ist, mit dem gearbeitet wird.

---

[7]) Diese Formeln wurden nach Ersatz von $\sin x$ durch $\frac{e^{jx} - e^{-jx}}{2j}$ durch entsprechende Potenzierung abgeleitet.

[8]) N. W. McLachlen, Bessel Functions for Engineers, Clarendon Press, Oxford 1934.

[8a]) z. B. Jahnke-Emde, Funktionentafeln, B. G. Teubner, Leipzig 1923. Es genügt die Kenntnis der meist nur tabellierten Werte von I_0 und I_1, da die Funktionen höherer Ordnung nach der Rekursionsformel

$$I_{n-1}(x) + I_{n+1}(x) = \frac{2n}{x} I_n(x)$$

leicht berechnet werden können.

[8b]) E. Meissel, Astr. Nachr. 128 (1891) S. 438.

Digitized by Google

Während bei der reinen Frequenzmodelung durch rhythmische Veränderung eines die Frequenz mitbestimmenden Gliedes des Steuersenders unmittelbar die Frequenz der Schwingung zum Schwanken gebracht wird, ändert man bei einer Phasenwinkelmodelung in einer späteren Verstärkerstufe bei frequenzstabilem Steuersender, etwa durch periodische Verstimmung eines Kreises, den Phasenwinkel der Schwingung. Daß die zuletzt genannte Maßnahme ebenfalls eine Frequenzmodelung hervorruft, soll die im folgenden durchgeführte einfache Rechnung zeigen, die gleichzeitig erkennen läßt, daß zwischen Frequenzmodelung und Phasenwinkelmodelung bei der Übertragung eines Tonbereiches, also von Musik und Sprache, ein wesentlicher Unterschied besteht. Wendet man auf die Gl. (II) der phasenwinkelmodulierten Schwingung den Definitionsansatz für die Frequenz einer periodischen Funktion an $\left[F = \frac{\Omega'(t)}{2\pi}\right]$, so erhält man die Augenblicksfrequenz der phasenwinkelmodulierten Schwingung zu

$$F_p = f_0 - f_m \Phi \sin \omega_m t,$$

wofür man ohne Änderung des physikalischen Sinnes auch

$$F_p = f_0 + f_m \Phi \sin \omega_m t$$

schreiben kann. Die Phasenwinkelmodelung bewirkt also eine Frequenzänderung der Trägerschwingung, deren Höchstwert sich zu $f_m \Phi$ bestimmt, also proportional zur Modelungsfrequenz ist; der Proportionalitätsfaktor ist dabei der Phasenwinkelhub.

Durch trigonometrische Zerlegung läßt sich Gl. (II) in

$$F(t) = A_0 [\cos(\omega_0 t) \cos(\Phi \cos \omega_m t) - \sin(\omega_0 t) \sin(\Phi \cos \omega_m t)] \quad (9)$$

auflösen. Die zweiten Faktoren der beiden Summanden lassen sich wie im Fall der Frequenzmodelung durch Besselsche Funktionen erster Art des Argumentes Φ darstellen. Rechnet man mit kleinem Phasenwinkelhub Φ, d. h. ist $\Phi < 0{,}5$, so erhält man für die Phasenwinkelmodelung die einfache Gleichung

$$F(t) = A_0 [\cos(\omega_0 t) - \Phi \sin \omega_m t \sin \omega_0 t] = A_0 \left[\cos(\omega_0 t) + \frac{\Phi}{2} \cos(\omega_0 + \omega_m) t - \frac{\Phi}{2} \cos(\omega_0 - \omega_m) t\right]. \quad (10)$$

Zunächst sieht man, daß bei kleinem Phasenwinkelhub die phasenwinkelmodulierte Schwingung ebenso wie die amplitudenmodulierte Schwingung als Summe von Trägerwelle und Schwebung aufgefaßt werden kann; während jedoch bei der Amplitudenmodelung zwischen Trägerschwingung und Schwebung Gleichphasigkeit besteht, sind bei der Phasenwinkelmodelung die beiden Schwingungen um 90° in der Phase gegeneinander verschoben. Die zeichnerische Darstellung der Überlagerung von Trägerschwingung und Schwebung bei der Phasenwinkelmodelung, wie sie in Abb. 1c und d durchgeführt ist, läßt erkennen, daß die Grundschwingung fortgesetzt auseinandergezogen und zusammengedrückt wird. Ferner deutet Gl. (10) an, daß bei der Phasenwinkelmodelung mit kleinem Phasenwinkelhub ebenso wie bei der Frequenzmodelung mit kleinem Frequenzhub ein Frequenzband von $2 f_m$ Breite übertragen werden muß, wenn f_m die höchste Modelungsfrequenz ist. Zum Unterschied von der Frequenzmodelung, bei der die Amplituden der Seitenbänder durch $\varkappa/2 = 1/2\, \Delta f / f_m$ gegeben sind, also bei gleicher Amplitude des zu übermittelnden Tones mit der Modelungsfrequenz im umgekehrten Verhältnis schwanken, ist bei der Phasenwinkelmodelung die Seitenbandamplitude von der Frequenz des übermittelten Tones unabhängig. Ob eine Schwingung frequenzmoduliert oder phasenwinkelmoduliert ist, läßt sich also bei Modelung mit einem einzigen Ton nicht feststellen, tritt aber bei Modelung mit mehreren Tönen gleicher Stärke klar hervor.

Wie die vorigen Betrachtungen gezeigt haben, treten Frequenzmodelung und Phasenwinkelmodelung immer gleichzeitig auf. Sprachlich gebraucht man die Bezeichnung Frequenzmodelung und Phasenwinkelmodelung, um zum Ausdruck zu bringen, ob man am Steuersender durch rhythmische Veränderung eines die Frequenz mitbestimmenden Gliedes unmittelbar die Frequenz oder bei frequenzstabilem Steuersender in einer späteren Verstärkerstufe durch periodische Verstimmung eines Kreises den Phasenwinkel ändert. Bei Kenntnis der Modelungsfrequenz f_m läßt sich die einer gegebenen Phasenwinkelmodelung zugehörige Frequenzmodelung oder die einer gegebenen Frequenzmodelung zugehörige Phasenwinkelmodelung aus den Gleichungen

$$\Phi = \frac{\Delta f}{f_m} \text{ (Bogenmaß)} \approx 57{,}3 \frac{\Delta f}{f_m} \text{ (Gradmaß)} \quad (11)$$

$$\Delta f = \Phi f_m \text{ (Bogenmaß)} \approx \frac{\Phi f_m}{57{,}3} \text{ (Gradmaß)} \quad (12)$$

berechnen. Die vollständige Entwicklung der Gl. (II) für großen Phasenwinkelhub ($\Phi > 0{,}5$) ergibt für die Phasenwinkelmodelung dasselbe Bild wie für die Frequenzmodelung. Es tritt hier wie dort gleichzeitig Amplituden- wie Frequenzmodelung auf; das Seitenband ist nach keiner Seite begrenzt; die Amplituden der Seitenbänder sind bei der Phasenwinkelmodelung jedoch von der Modelungsfrequenz unabhängig. *(Schluß folgt.)*

Selbsttätige Mehrstellen-Stumpfschweißmaschine für den Kraftwagenbau.

Von O. Wundram VDE, Hamburg.

DK 621.367 : 621.791.736.2

Übersicht. Ein in Menge und Güte der Schweißwerkstücke hochleistungsfähiges Widerstandsschweißgerät für den Kraftwagenbau (Volkswagen) wird beschrieben.

Widerstandsschweißmaschinen werden benötigt in der reihenweisen Herstellung gleichartiger Massenerzeugnisse, wobei sie lohnend und notwendig sind, zumal wenn es sich um Bedienung durch angelernte oder gar ungelernte Gefolgschaftsmitglieder handelt. Zu den schon früh erkannten metallurgischen und festigkeitsmäßigen Vorzügen tritt bei zeitgemäßen Maschinen ein hoher Grad der Maßhaltigkeit bei den Schweißwerkstücken und eine kurze Griffzeit für ihre Bedienung. Die neueren Widerstandsschweißmaschinen für größere und verwickelte Schweißteile sind damit Hochleistungswerkzeugmaschinen geworden. Für die Herstellung des Volkswagens mit seinen riesigen Auflageziffern wird das Widerstandsschweißverfahren an vielen Wagenteilen angewendet.

Das zu verschweißende Werkstück setzt sich aus fünf Teilen zusammen (Abb. 3, vorn): zwei Außenflanschen, einem Mittelstück aus schweißbarem Temperguß und den zwischen diesen Teilen befindlichen zwei Rohrstücken aus Stahl von 3 mm Wandstärke und 70 mm Dmr. Die fertig bearbeiteten Tempergußteile sind also an vier Stellen mit den Rohren zu verbinden, und zwar in einmaliger Einspannung und fortlaufender Schweißung mit einer Toleranz von ± 0,5 mm bei einer Gesamtlänge des Werkstückes von 1057 mm. Nach dem Schweißvorgang, der an sich je nach Einstellung von Stromstärke und Zeit nur 10 bis 15 s dauert, soll an dem Werkstück nichts mehr zu bearbeiten sein. Mit Einlegen, Einspannen, Ausspannen und Herausnehmen der Werkstücke wird man 1,5 min für den ge-

Digitized by Google

samten Arbeitsgang rechnen können. Je zwei der vier Schweißstellen werden von einem Schweißumspanner in der angegebenen Schaltung (Abb. 1) versorgt.

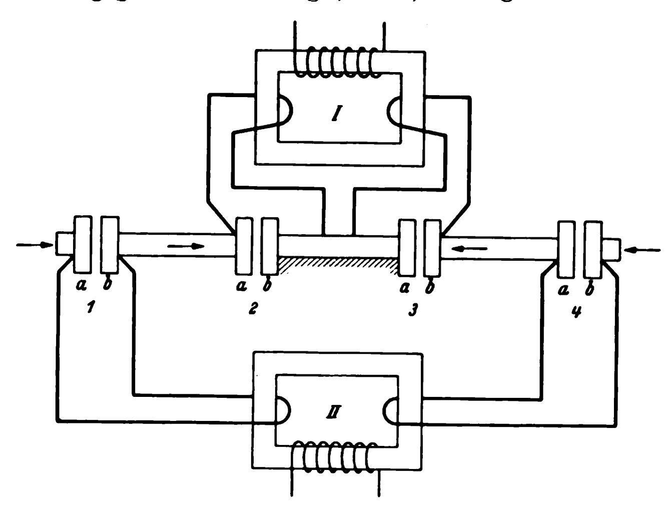


Abb. 1. Zuordnung der beiden Umspanner zu den vier Schweißstellen.

Der wichtigste Teil der ganzen Schweißmaschine (vgl. Abb. 2) sind die Einspannvorrichtungen, die aus Abb. 3 vergrößert ersichtlich sind. Der vordere Teil dieser fünfteiligen Einrichtung ist an der Maschine befestigt, während jeder der fünf hinteren Teile durch Preßluftzylinder an das Werkstück mit entsprechend ge-

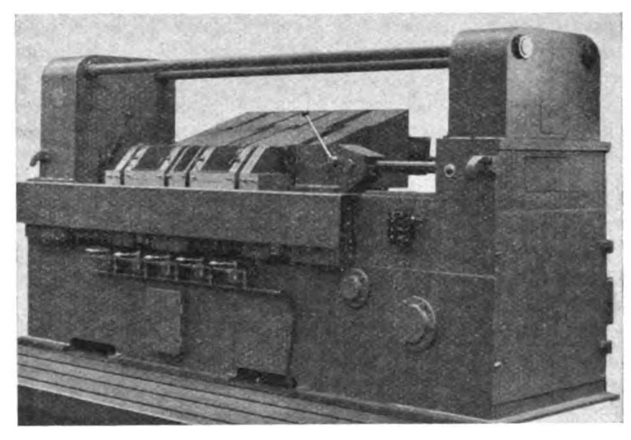


Abb. 2. Gesamtansicht der Hinterrohr-Schweißmaschine.

formten, gut leitenden und gekühlten Elektroden angepreßt werden kann. Das auf dem Bild zu sehende eingelegte und das herausgenommene fertiggeschweißte Hinterrohr läßt die Zuordnung der Spannbacken zu den Schweißstellen erkennen. Die Einspannung der fünf zu verschweißenden Einzelteile muß so kräftig sein, daß der am Ende des Schweißvorganges auftretende Stauchdruck (bis rd. 10 t) keine axiale Verschiebung hervorruft. Damit anderseits die Schweißmaschine selbst diesen großen Druck aufnehmen kann, ist sie durch eine stahlgeschweißte Kastenkonstruktion, die oben durch zwei starke Zuganker (Abb. 2) gehalten wird, sehr widerstandsfähig gestaltet.

Der Schweißvorgang, der sich wie bei allen Widerstandsmaschinen aus Stromgabe und Preßdruck zusammensetzt, wird bei der Hinterrohr-Schweißmaschine vollkommen selbsttätig mechanisch gesteuert, und zwar durch motorisch angetriebene, starr gekuppelte Nockenscheiben, welche die Stromeinschaltung und die Spannschlittenbewegung hervorrufen. Das Arbeitsspiel einer Schweißung zerfällt in zwei zeitlich voneinander getrennte, aber unmittelbar aufeinanderfolgende Vorgänge; zuerst werden die beiden äußeren, sodann die inneren Rohrnähte verschweißt. Ist die Arbeit der Maschine nach Einspannung des Werkstückes durch Druckknopfsteuerung eingeleitet, so nähern sich die äußeren Spannbacken *1 a* und *4 b* (vgl. Abb. 1) den ihnen entsprechenden *1 b* und *4 a*, der Strom wird durch nockenbetätigte Steuerschütze und die davon abhängigen Hauptschalter eingeschaltet und auf die Schweißstellen gegeben. Ist der dann eintretende, von Kurvenscheiben gesteuerte Stauchdruck erreicht und der Strom ausgeschaltet, so setzen sich die Spannbacken *1 a* und *b* mit *2 a* einerseits und die Backen *4 b* und *a* mit *3 b* anderseits gegen die mittleren Einspannstellen *2 b* und *3 a* (fester Polbock) in Bewegung; Stromgabe und Stauchdruck erfolgen wie beim ersten Gang. Nach vollendeter Schweißung werden die oberen beweglichen Teile der Spannbacken durch Druckluft zurückgeklappt, so daß das fertige Schweiß-

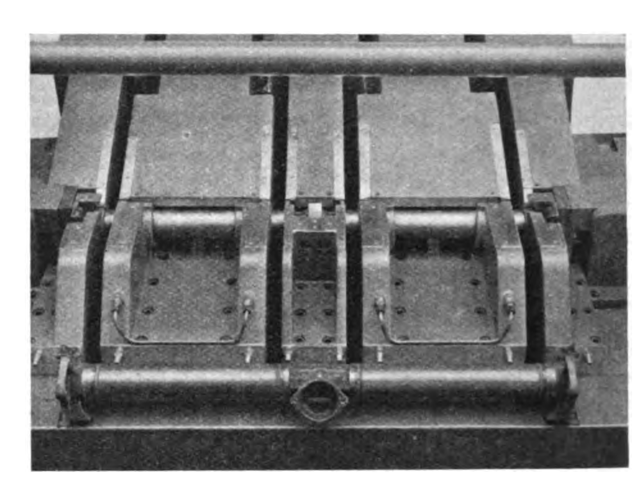


Abb. 3. Einspannvorrichtung für die gleichzeitige Mehrstellenschweißung.

stück herausgenommen werden kann. Auf eine weitere Ventilbetätigung rücken sodann die beweglichen Elektroden mittels ihrer Schlittenführung wieder in die Anfangsstellung zurück, worauf eine neue Schweißung vorgenommen werden kann. Jedes der vier beweglichen Spannbackenpaare hat eine besondere Schlittenführung für sich, die aus kräftigen Stahlflachbahnschienen besteht. Selbstverständlich müssen alle Führungsteile wegen der geforderten Maßhaltigkeit der Erzeugnisse mit der bei Hochleistungsmaschinen erforderlichen Genauigkeit gearbeitet sein, wie sie auch zur Erhaltung der Genauigkeit sorgfältig gegen den beim Schweißen unvermeidbaren Abbrand und Funkenflug gesichert sind.

Die beiden Umspanner, welche je zwei Schweißstellen speisen, sind in eng gekuppelter Scheibenwicklung von besonders stoßfester Ausführung gebaut. Für jede Schweißstelle ist eine einzige Windung aus Kupferguß entsprechenden Querschnitts vorhanden. Jeder Umspanner, der einphasig an das Drehstromnetz von 380 V angelegt werden kann, wird in fünf Stufen oberspannungsseitig entsprechend der beabsichtigten Schweißzeit eingeregelt. Da zwangläufig verhindert wird, daß beide Umspanner gleichzeitig belastet sind, ist es gleichgültig, ob sie an eine oder zwei Phasen des Drehstromnetzes angeschlossen sind. Die während des Schweißvorganges aufgenommenen Strommessungen ergeben im Mittel 220 A oberspannungsseitig bei einer Leistungsaufnahme von rd. 75 kW; der Leistungsfaktor erreicht 0,85. Wegen der verhältnismäßig geringen Einschaltdauer der beiden Umspanner ist künstliche Kühlung nicht erforderlich.

Zusammenfassung.

Die der Stumpfschweißung gestellte Aufgabe, Werkstücke im Kraftwagenbau durch vier Schweißungen in einem Vorgang und in der gleichen Richtung zusammenzufügen, führte zu der hier dargestellten Höchstleistungs-Werkzeugmaschine, deren Sonderbauart insbesondere in der Ausbildung und Führung der Elektroden und in der Steuerung von Strom und Stauchdruck erläutert wird.

Digitized by Google

Die elektrische Zugförderung im Großdeutschen Reich.

Von Otto Michel VDE, München.

(*Schluß von S. 1330.*)

DK 621.33(43+436)

Lokomotive E 19.

Um auch Erfahrungen bei allerhöchsten Geschwindigkeiten sammeln zu können, gab die Deutsche Reichsbahn 4 Lokomotiven der gleichen Achsfolge wie die E 18, jedoch für 180 km/h Höchstgeschwindigkeit, in Auftrag, und zwar 2 Lokomotiven an die AEG und 2 Lokomotiven an die SSW. Beide Lokomotiven sind so gebaut, daß sie für Versuchszwecke, soweit es der Oberbau erlaubt, Geschwindigkeiten bis zu 225 km/h fahren können (Abb. 8). Bei den Lokomotiven der beiden Firmen ist im Wagenteil der Aufbau der E 18 zugrunde gelegt; während jedoch die AEG sich im übrigen weitgehend an die Ausführungen der E 18 hielt, haben die Siemens-Schuckertwerke für jede Achse den Antrieb durch raschlaufende Doppelmotoren gewählt. Von Interesse ist das Leistungsdiagramm (Abb. 9) der Lokomotive, das ihre große Überlastungsfähigkeit zeigt. Sie besitzt eine Stundenleistung von 4000 kW und eine Höchstleistung von 5800 kW. Dadurch ist die Lokomotive in der Lage, auf waagerechten Strecken bis zu 3 ‰ Steigung Züge mit 360 t mit der Höchstgeschwindigkeit von 180 km/h und auf der Steilrampe im Thüringer Wald die Steigung von 25 ‰ ohne Schiebelokomotive mit 60 km/h zu befördern. Abb. 10 zeigt den Transformator, Abb. 11 den Fahrmotor der E 19, Bauart AEG. Besondere Sorgfalt erfordert hier die Durchbildung der Bremse. Mit Rücksicht auf die hohen Geschwindigkeiten wurden die Abbremsungen der Triebräder (Abb. 12) auf 230 % des Achsdruckes gesteigert. Um die Luftbremse besonders bei höchsten Geschwindigkeiten zu unterstützen und vor allem eine möglichst hohe gleichmäßige Geschwindigkeitsverzögerung zu erreichen, ist eine fahrtdrahtunabhängige Widerstandsbremse eingebaut, die bei einer Schnellbremsung selbsttätig wirkt und sich bei 60 km/h Geschwindigkeit abschaltet. Bei dieser Geschwindigkeit wird auch die hohe Abbremsung der Triebräder auf 80 % Abbremsung selbsttätig zurückgenommen. Um für die höchsten Geschwindigkeiten günstigste Laufeigenschaften zu erzielen, wurden mit den E 18-Lokomotiven eingehende Versuchsfahrten durchgeführt zur Erforschung, welche Anordnung für die Rückstellung der Drehgestelle die günstigste ist. Hierbei ergab sich als Optimum, das voraus laufende Drehgestell mit einer Kraft von etwa 2000 kg und das nachfolgende Drehgestell mit einer Kraft von 3700 kg zurückzustellen. Die verschiedene Einstellung der Rückstellkräfte erfolgt durch den Richtungswender. Auf Grund dieser Ergebnisse wurde die gleiche Anordnung auch bei den E 19-Lokomotiven gewählt. Über die im Gang befindlichen Versuchsfahrten bei höchsten Geschwindigkeiten wird die Deutsche Reichsbahn weitere Ergebnisse veröffentlichen, sobald die Versuche abgeschlossen sind.

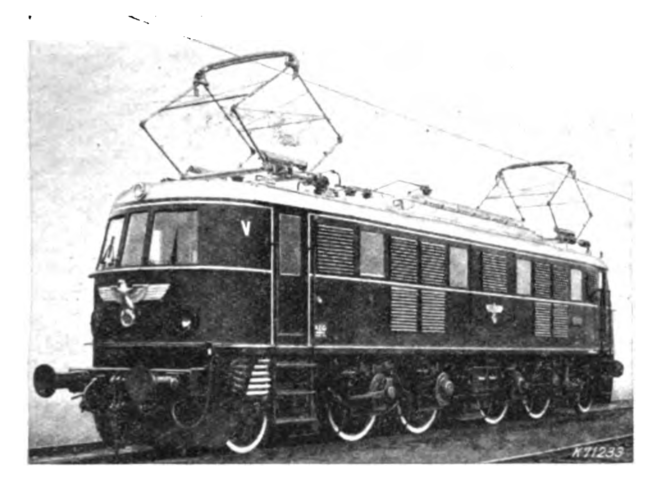
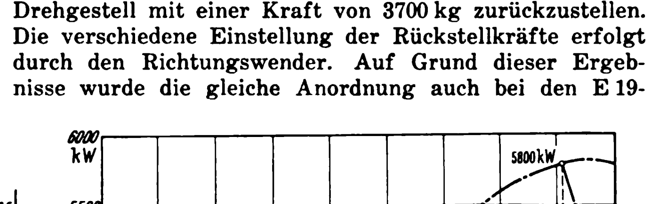


Abb. 8. E 19-Lokomotive, Bauart AEG, Gesamtansicht.



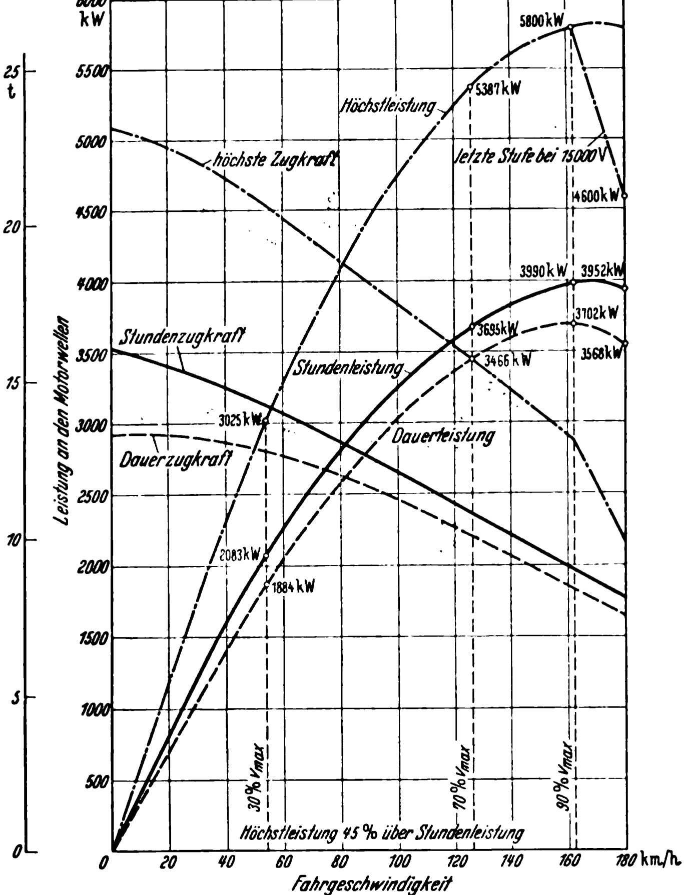


Abb. 9. Leistungsdiagramm der E 19-Lokomotive, Bauart AEG.

Lokomotive E 44.

Als 2. Standard-Lokomotive ist die Lokomotivtype E 44 zu erwähnen. Diese Lokomotive hat eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h und eine Stundenleistung von rund 2200 kW. Im Wagenteil besteht sie aus 2 Drehgestellen mit je 2 Achsen; auf die beiden Drehgestelle legt sich der Brückenrahmen, der, abgesehen von den Motoren, die gesamte elektrische Ausrüstung trägt. Zug- und Stoßkräfte werden nur über die Drehgestelle übertragen; die Brücke beteiligt sich hieran in keiner Weise. Jede Achse ist mit einem Tatzenlagermotor ausgerüstet. Das Drehmoment der Motoren wird über doppelseitige, ungefederte Zahnräder mit Schrägzähnen von 23 ° Neigung auf die Triebräder übertragen. Als Steuerung ist ebenfalls die Einheits-Feinreglersteuerung verwendet. Über Transfor-

Digitized by Google

mator und Hauptschalter werde ich später zusammenfassend einiges mitteilen. Dieser Lokomotivtype gebührt das Verdienst, daß bei ihr als erster Lokomotive die Schweißung des Rahmens mit gutem Erfolg eingeführt wurde. Die Lokomotive hat sich von Anfang an bestens bewährt.

Lokomotive E 94.

Sie ist entwickelt aus der Lokomotive E 93, von der die Deutsche Reichsbahn eine größere Zahl im Betrieb hat. Von dieser unterscheidet sie sich durch die Steigerung der Geschwindigkeit von 70 km/h auf 90 km/h und durch die höhere Stundenleistung von 3200 kW. Die Bauart besitzt wieder 2 Drehgestelle, jedes mit drei durch Tatzenlagermotoren angetriebenen Achsen; auf die beiden Drehgestelle lagert sich die Brücke. Soweit irgend möglich, ist ebenfalls Schweißkonstruktion verwendet.

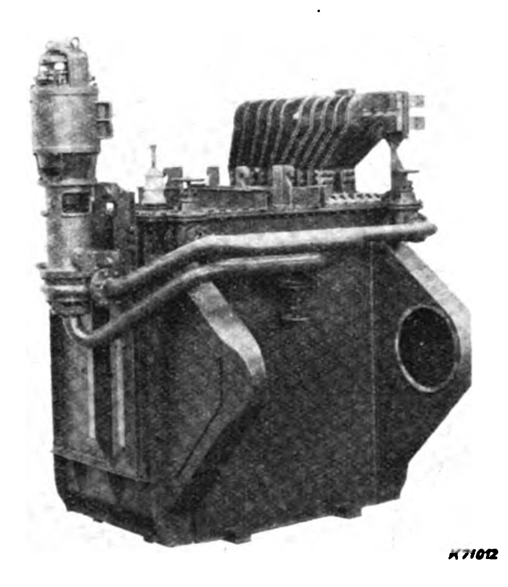


Abb. 10. E 19-Lokomotive (AEG), Transformator.

Da die Lokomotiven der Reihen E 44 und E 94 auch auf den großen Rampen der Ostmark auf dem Arlberg, dem Brenner und der Tauernrampe verwendet werden sollen, werden die Lokomotiven E 44 zum Teil und die Lokomotiven E 94 sämtlich zur Schonung der Bremsklötze und Radreifen mit einer fahrdrahtabhängigen Widerstandsbremse ausgerüstet.

Leistungsgewicht.

Allgemein läßt sich zu diesen Lokomotivtypen noch folgendes sagen: Durch die weitgehende Verwendung der Schweißkonstruktion ist das Gewicht der Lokomotiven in kg/kW auf ein außerordentlich niedriges Maß herabgedrückt worden; so wiegt

die E 18-Lokomotive 34 kg/kW = 25 kg/PS, die E 44-Lokomotive 37,5 kg/kW = 27,5 kg/PS und die E 94-Lokomotive nur 38 kg/kW = 28 kg/PS.

Im Vergleich hierzu wiegt die Schnellzug-Dampflokomotive Reihe 03 ohne Tender 59 kg/PS und mit Tender und halben Vorräten 88 kg/PS. Eingangs habe ich bereits auf die große Bedeutung der geringen Unterhaltungskosten bei den elektrischen Lokomotiven hingewiesen. Durch die soeben geschilderten Lokomotivbauarten ist es gelungen, die Unterhaltungskosten der Schnellzuglokomotiven gegenüber dem Jahr 1926 von 100 % auf 38 %, die der Personenzuglokomotiven von 100 % auf 59 % und die der Güterzuglokomotiven von 100 % auf 39 % zu senken.

Stromabnehmer.

Von den bisher nicht erwähnten Ausrüstungen der elektrischen Lokomotiven verdient ein besonderes Interesse der Stromabnehmer. Dieser hat die schwere Aufgabe, auch bei den höchsten Geschwindigkeiten eine sichere Stromabnahme zu gewährleisten. Hierbei muß berücksichtigt werden, daß die Fahrleitung je nach der Außentemperatur die Höhenlage gegenüber dem Gleis verändert und daß wir in unseren Breitengraden mit Schwankungen von — 30 ° bis + 40 ° rechnen müssen. Bei leichtester Bauart muß er allen diesen Fahrdrahtlagen folgen und mit dem möglichst gleichmäßigen Anpreßdruck von 6 kg an dem Fahrdraht anliegen. Hierzu ist es notwendig,

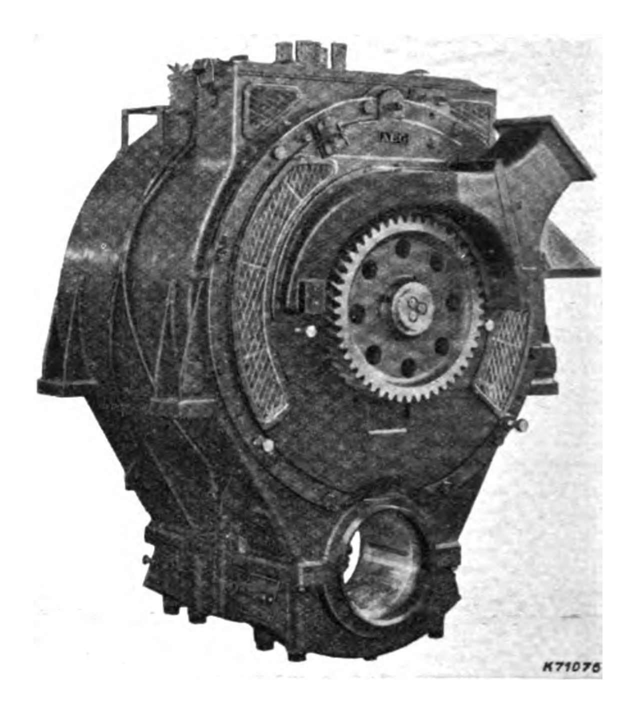


Abb. 11. E 19-Lokomotive (AEG), Fahrmotor.

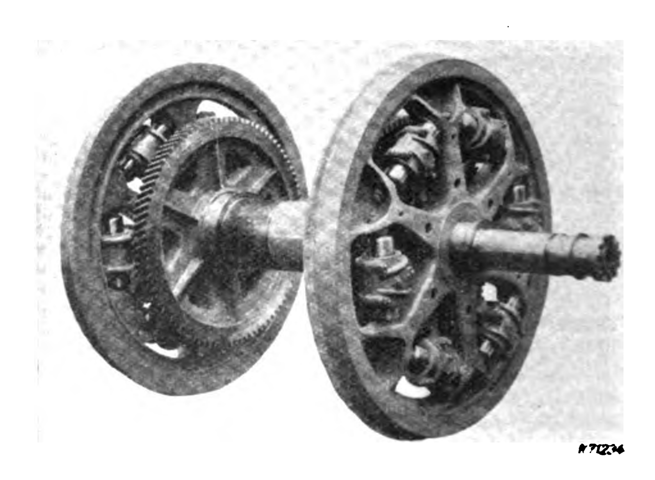
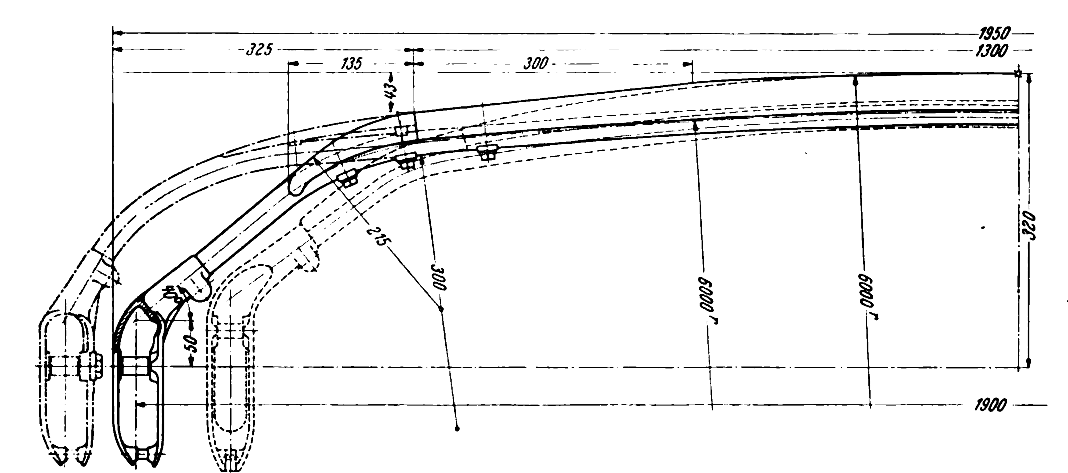


Abb. 12. E 19-Lokomotive (AEG), Triebradsatz.

daß durch windschnittigen Bau aller Teile der Einfluß des Winddruckes auch bei den größten Geschwindigkeiten möglichst herabgemindert bzw. ausgeglichen ist. Eine besonders schwere Forderung ist schließlich, daß der im heutigen Leben äußerst wichtige Rundfunk möglichst wenig gestört wird. Die bisher allgemein verwendeten Schleifstücke aus Aluminium verursachen Störgeräusche, die eine einwandfreie Rundfunkübertragung in der Nähe der Bahnanlagen oft ungünstig beeinflussen. Das Reichsverkehrsministerium hatte eine besondere Arbeitsgemeinschaft eingesetzt, um alle hier auftretenden Einflüsse zu studieren und Maßnahmen zur Behebung der Störeinflüsse vorzuschlagen. Die hier gestellte Aufgabe

Digitized by Google

ist außerordentlich schwierig, denn es sind rd. 38 Faktoren, die die Größe der Funkstörspannung beeinflussen. Als eine der wichtigsten Maßnahmen ist nun vorgesehen, Kohleschleifstücke zu verwenden. Um die bei einfachen Kohleschleifstücken auftretende Gefahr des Herabbrennens



Altreich-Einheits-stromabnehmer . 2100 mm
Ostmark-Einheits-stromabnehmer . 1746 mm
neuer Reichsstrom-abnehmer . . . . 1950 mm

Abb. 13. Darstellung der Stromabnehmerwippen.

des Fahrdrahtes bei Kurzschlüssen zu vermeiden, werden Doppelkohlenschleifstücke verwendet. Sobald die von den Aluminiumschleifstücken hervorgerufene Riffelung beseitigt und der Fahrdraht genügend geglättet ist, sinkt auch der Wert der Störspannung. Das schlesische Netz ist seit dem 1. 4. 1936 völlig auf Betrieb mit Kohleschleifstücken umgestellt. Während sich im Jahr 1935 bei Verwendung von Aluminium noch ein Mittelwert der Störspannung von 2900 mV ergab, ist dieser im Jahr 1936 auf 300 mV und im Jahr 1937 auf 44 mV gesunken. Die Größe der Störspannungen wird mit einem eigenen Störmeßplatz festgestellt, der in einem besonderen Meßwagen des Elektrotechnischen Versuchsamtes München-Freimann eingebaut ist.

Die Gestaltung der Stromabnehmer kam in der letzten Zeit neuerdings in Fluß durch den Anschluß der Ostmark. Während die bisherigen deutschen Stromabnehmer mit Rücksicht auf den Zickzack der Fahrleitung von ± 50 cm und den Windabtrieb bei 31 m/s Windgeschwindigkeit mit einer Breite von 2100 mm gebaut wurden, sind die Stromabnehmer der Ostmark im Hinblick auf die zahlreichen Tunnels nur in einer Breite von 1746 mm ausgeführt. Eingehende Studien haben nunmehr zu neuen Schleifstückträgern geführt, die eine Breite von 1950 mm aufweisen (Abb. 13), so daß die Lokomotiven ohne weitere Schwierigkeiten von den Strecken des Altreichs auf die Strecken der Ostmark übergehen können. Bereits für dieses Jahr ist die Ausrüstung einer größeren Zahl von Lokomotiven der Ostmark und des süddeutschen Netzes mit den neuen Reichsstromabnehmern in Angriff genommen.

Hauptschalter.

Ein weiteres wichtiges Glied der elektrischen Ausrüstung von Lokomotiven ist der Hauptschalter. Als solcher wurde früher ausschließlich der Ölschalter verwendet. Neuerdings kamen nunmehr Druckgasschalter und Expansionsschalter zur Verwendung, die bis zu einer Abschaltleistung von 200 MW entwickelt sind. Damit können wir ohne jede Besorgnis die größten auf der Hochspannungsseite der Lokomotive möglichen Kurzschlüsse auch in der Nähe von Unterwerken abschalten. Die Expansionsschalter sind neuerdings mit Synchronausschaltung versehen, so daß die Leistung in dem Augenblick abgeschaltet wird, in dem der Strom durch den Wert Null hindurchgeht.

Transformator.

Von Anfang an wurde der Transformator mit Ölkühlung verwendet. Bei der Lokomotive Reihe E 17 wurde sodann der Versuch gemacht, Trockentransformatoren einzuführen, die sich jedoch für die Zwecke des Lokomotivbetriebs nur wenig bewährt haben. Man kehrt deshalb wieder allgemein zu den Öltransformatoren zurück. Obwohl es sich hier um Konstruktionen handelt, die mit den stationären Umspannern zahlreiche Einzelheiten gemeinsam haben, kamen jedoch mehrfach Schäden vor, die den Reparaturstand und damit die Unterhaltungskosten ungünstig beeinflußten. Neuerdings werden nunmehr Transformatoren gebaut, die den letzten Erkenntnissen hinsichtlich Überspannungen, die von der Strecke herkommen oder bei Schaltungen auftreten, genügen und schwingungssicher gebaut sind. Der neueste Transformator für die Lokomotiven E 19 der SSW ist in Abb. 14

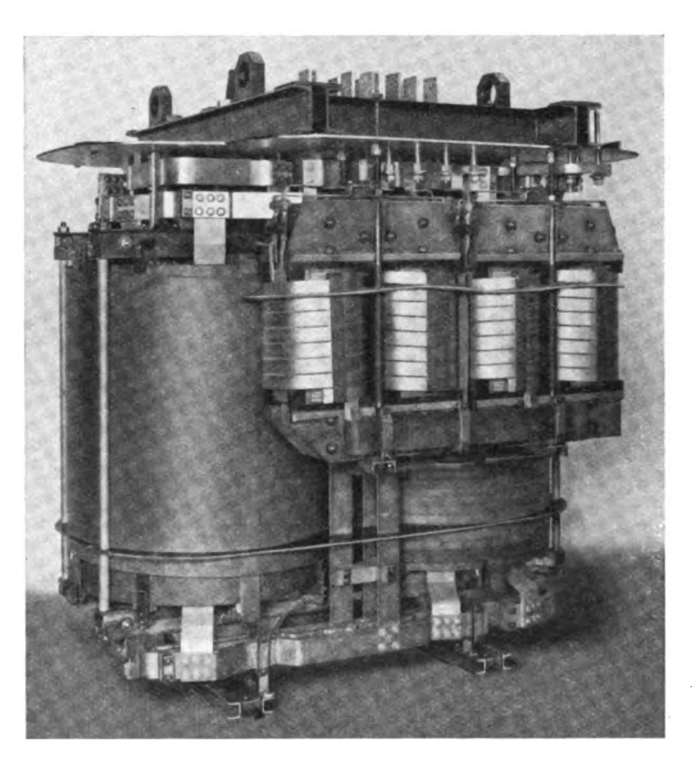


Abb. 14. Transformator der E 19-Lokomotive, Bauart SSW, Gesamtansicht.

dargestellt. Hierbei sei darauf hingewiesen, daß Ober- und Unterspannungswicklung (Abb. 15) aus Aluminium hergestellt sind.

Alle Lokomotiven, die planmäßig Züge mit Geschwindigkeiten über 120 km/h zu befördern haben, werden einheitlich mit der Zugbeeinflussung, Bauart Vereinigte Eisenbahn-Signalwerke Lorenz, ausgerüstet und arbeiten mit den drei Frequenzen 500, 1000 und 2000 Hz. Die Möglichkeit, später auf fünf Frequenzen überzugehen, ist vorgesehen.

Digitized by Google

Triebwagen.

Neben den Lokomotiven besitzt die Deutsche Reichsbahn einen großen Park von Triebwagen. Hier sind grundsätzlich zwei Arten zu unterscheiden, die Triebwagen für Stadtbahnen und solche für den Nah- und Fernverkehr.

Bei den Triebwagen sind hervorzuheben die bekannten Wagen der Berliner S-Bahn, der Hamburger[5]) und Münchener S-Bahn.

Die Münchener S-Bahn ist noch im Entwicklungsstadium. Nach den bisherigen Plänen ist vorgesehen, sie mit 15 000 V Einphasenwechselspannung von 16⅔ Hz zu betreiben, so daß die Wagen vom Tunnelbetrieb auch auf die mit der gleichen Spannung elektrisierten Fernstrecken übergehen können. Weitere Einzelheiten hier zu bringen wäre heute noch verfrüht.

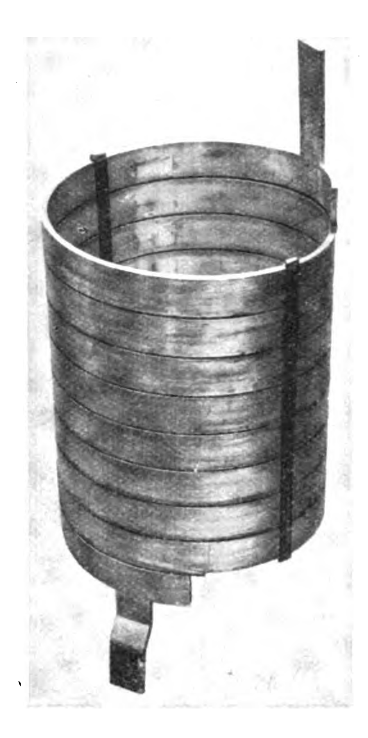


Abb. 15. Transformator der E 19 Lokomotive (SSW), Unterspannungsspule.

Schließlich sind noch die Triebwagen für den Nah- und Fernverkehr zu behandeln. Während es bei den Lokomotiven gelungen ist, die Zahl der Typen auf wenige Ausführungen herabzudrücken, stößt diese Aufgabenstellung bei den Triebwagen auf mannigfache Schwierigkeiten, da hier der Ausstattung des Wagenraumes für die Fahrgäste und für die sonstigen Bedürfnisse, wie Post, Gepäck, etwaiger Küchenbetrieb, Klasseneinteilung, eine ausschlaggebende Bedeutung zukommt und die gesamte elektrische Ausrüstung sich in den Wagen einordnen muß, ohne irgendwie in Erscheinung zu treten. Ich möchte daher die verschiedenen Triebwagen nicht im einzelnen behandeln, sondern den zuletzt gebauten Doppeltriebwagen der Bauart elT 18 für 120 km/h Geschwindigkeit kurz darstellen, von denen 40 Stück vorhanden sind. Die Wagen sind kurzgekuppelt und gegen Schlingerbewegungen mit Dämpfungspuffern versehen[6]). Am Bau der neuen Triebwagen wurden unsere drei elektrischen Großfirmen AEG, BBC und SSW beteiligt. Soweit es irgend möglich war, wurde angestrebt, gleiche Bauteile zu verwenden oder zum mindesten die Austauschmöglichkeit zu sichern. Die Steuerungen sind bei den drei Firmen als Nockenschaltwerk verschieden ausgeführt. Das Schaltwerk von BBC wird durch einen Drehmagneten, das der AEG und SSW durch besondere Antriebsmotoren angetrieben. Die Betätigung im Führerstand ist bei allen Wagen gleich, wie überhaupt der Führerstand, von Kleinigkeiten abgesehen, bei allen Firmen gleich ausgestattet ist. Die Wagen haben, wie bereits erwähnt, eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h und werden von vier Motoren mit einer Leistung von 900 kW angetrieben. Sie können in der Waagerechten vom Stillstand aus in 80 s die Höchstgeschwindigkeit erreichen und entwickeln dabei eine Anfahrbeschleunigung von 0,7 m/s^2 und eine mittlere Anfahrbeschleunigung bis 120 km/h von rd. 0,4 m/s^2.

Nach den gleichen Grundsätzen sind die dreiteiligen Triebwagen gebaut, die eine Höchstgeschwindigkeit von ebenfalls 120 km/h erreichen und mit sechs Motoren von zusammen 1350 kW ausgerüstet sind[7]).

Für Sonderzwecke wurden neben diesen Wagen zwei Aussichtstriebwagen gebaut. Die Wagen sind in erster Linie für Gesellschaftsfahrten bestimmt und sollen dem Reisenden bei den Fahrten im Hochgebirge die Schönheiten der Landschaft während der Fahrt vor Augen führen.

Weiterhin sind drei doppelteilige Schnelltriebwagen für 160 km/h im Betrieb. Um Erfahrungen zu sammeln, wurden hier drei verschiedene Antriebsarten eingebaut; der von den SSW entworfene Wagen hat Motoren mit Tatzenlagerantrieb, der von der AEG gebaute Wagen eine Hohlwelle mit AEG-Kleinow-Federtopfantrieb, der von BBC gebaute Wagen eine Hohlwelle mit Buchli-Antrieb. Leider können wir auf den gegenwärtig in Betrieb befindlichen Strecken Süddeutschlands wegen deren großem Kurvenreichtum nur wenig Gebrauch von den Geschwindigkeiten über 120 km/h machen, so daß ein abschließendes Urteil über die Bewährung der verschiedenen Antriebe bei höchsten Geschwindigkeiten noch nicht gefällt werden kann.

Gegenwärtig wird der Frage der elektrischen Bremse bei Triebwagen ein besonderes Augenmerk zugewendet. An den bereits beschriebenen Doppeltriebwagen el T 18 wurden Versuche mit Nutzbremse, mit Widerstandsbremse, letztere fahrdrahtabhängig und -unabhängig, gemacht. Die gewonnenen Erfahrungen haben so viele Erkenntnisse vermittelt, daß die Bremsversuche mit verbesserten Einrichtungen gegenwärtig in erhöhtem Maß fortgeführt werden, um besondere Unterlagen zu erhalten für die Triebwagen des Münchener S-Bahn-Betriebs, wo mit Rücksicht auf den großen Tunnelbetrieb auf die elektrische Bremse nicht verzichtet werden kann.

Höllentalbahn.

Während, abgesehen von den Stadtbahnen, die elektrischen Strecken der Deutschen Reichsbahn mit 15 kV und 16⅔ Hz betrieben werden, wurde im Höllental ein Versuch mit der Landesfrequenz von 50 Hz und 20 kV gemacht. Die Strecke im Höllental ist gekennzeichnet durch eine 7,2 km lange ungewöhnliche Steigung von 55 ‰. Bis zum Jahr 1933 wurde hier der Dampfbetrieb mit Zahnstange durchgeführt, dann folgten schwere Tenderlokomotiven der Reihe 85 mit 100 t Adhäsionsgewicht, die 180 t schwere Züge mit einer Geschwindigkeit von 24 km/h schleppten, während jetzt die vierachsigen elektrischen Lokomotiven von 85 t Gewicht ebenfalls 180 t schwere Züge mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h auf der Steilrampe befördern. Mit der Lieferung der Lokomotiven wurden die Firmen AEG, BBC, SSW und Krupp betraut. Um Erfahrungen sammeln zu können, wurde den Firmen gestattet, jede Lokomotive im elektrischen Teil nach den von ihnen entwickelten Systemen zu bauen[8]). Im äußeren Aufbau und im Wagenteil sind die Lokomotiven wenig verschieden. Im elektrischen Teil verwendet die AEG Gleichstrommotoren mit gittergesteuerten Gleichrichtern, BBC Gleichstrommotoren mit Gleichrichtern und Hochspannungssteuerung, SSW Motoren für 50 Hz (ihre Lokomotive gleicht ziemlich weitgehend den 16⅔ Hz-Lokomotiven), und schließlich Krupp Einphasenmotoren mit Zwischenläufer und Drehstrommotoren. Die Lokomotiven haben durchschnittlich eine Leistung nach R.E.B. von 2000 kW; in der Steigung und beim Beschleunigen wird diese Leistung bis auf 3200 kW erhöht. Die Lokomotiven der Firmen AEG, BBC und SSW sind mit elektrischen Widerstandsbremsen ausgerüstet, während die Krupp-Lokomotive wegen ihres Nebenschlußcharakters in das Netz zurückspeist, sobald die eingestellte Synchrongeschwindigkeit über-

[5]) ETZ 60 (1939) H. 21, S. 633.
[6]) O. Michel, ETZ 57 (1936) S. 1076.

[7]) O. Michel u. R. Kniffler, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 62; Bericht ETZ 59 (1938) S. 886.
[8]) O. Michel, ETZ 57 (1936) S. 1113.

Digitized by Google

schritten wird. Schon oft wurden wir um ein Urteil über diesen Versuchsbetrieb gefragt. Hierzu kann folgendes gesagt werden: Die Lokomotiven entsprechen sämtlich den gestellten Anforderungen des schweren Betriebes auf der Höllentalbahn. Nachdem einige Kinderkrankheiten überwunden waren, die bei den vorliegenden Erstkonstruktionen nicht weiter ins Gewicht fallen, sind die Lokomotiven durchaus zuverlässig. Über die wirtschaftliche Seite kann noch kein abschließendes Urteil gefällt werden, da es sich um Einzelfahrzeuge mit zum Teil verwickelten Konstruktionen handelt, über deren Unterhaltungskosten noch kein einwandfreies Bild gewonnen werden konnte. Das eine steht jedoch fest, daß der 50 Hz-Betrieb nach den bisherigen Erfahrungen keine Vorteile gegenüber dem 16⅔ Hz-Betrieb brachte, der im ganzen gesehen doch einfacher anzusprechen ist als der 50 Hz-Betrieb.

Werkstoffumstellungen.

Der Vierjahresplan mit seinen zahlreichen Umstellungen auf Heimstoffe hat sich selbstverständlich auch im Bau der elektrischen Streckenausrüstung und im Bau der Fahrzeuge weitgehend ausgewirkt. Die Umstellungsarbeiten bezogen sich hauptsächlich auf die Ersparnis an Kupfer für Stromleiter und für Bauteile, auf die Ersparnis von Kautschuk bei den gummiisolierten Leitungen und Kabeln durch Herabsetzung des Kautschukgehalts und durch Ersatz von Buna und von anderen devisenzehrenden Stoffen, namentlich von Zinn, Baumwolle, Nickel usw. An einer Schnellzugslokomotive Reihe E 18 ist ein Motor mit Aluminium-Ständerwicklung in Betrieb, mit dem wir bis jetzt gute Erfahrungen gemacht haben; in Kürze wird eine sogenannte Heimstofflokomotive Reihe E 44 in Betrieb kommen, bei der, soweit überhaupt möglich, nur Heimstoffe verwendet sind. Bei einer Reihe von Lokomotiven sind bereits Transformatoren verwendet, deren Niederspannungswicklung aus Aluminium besteht; neuerdings kommen Transformatoren in Betrieb, die auf der Hoch- und Niederspannungsseite mit Aluminiumwicklungen ausgerüstet sind (Abb. 14 u. 15). Die Umstellung auf Heimstoffe brachte gerade bei elektrischen Fahrzeugen große Arbeit und erheischt große Vorsicht, da die Eigenart des Fahrbetriebs und die notwendige Sicherheit des Betriebes außergewöhnliche Ansprüche stellen. Es kann aber heute schon gesagt werden, daß durch die Umstellung bereits zahlreiche Erfolge erzielt wurden und die Deutsche Reichsbahn bei diesen neuen Stoffen verbleiben wird, auch wenn die heute vorliegenden Voraussetzungen für die Umstellung nicht mehr vorliegen.

Schnellverkehr.

Die Deutsche Reichsbahn besitzt elektrische Lokomotiven für Betriebsgeschwindigkeiten von 150 km/h und 180 km/h, elektrische Oberleitungstriebwagen sind für 160 km/h vorhanden. Damit können alle Bedürfnisse des Betriebes restlos erfüllt werden. Die im Betrieb anzuwendenden Geschwindigkeiten hängen ausschließlich nur von der Geschwindigkeit ab, die der Oberbau auf den einzelnen Strecken zuläßt. Der elektrische Betrieb wurde, um seine Vorteile voll auszunutzen, vor allem auf Gebirgsstrecken, im Voralpengelände und im welligen Mittelgebirgsgelände eingeführt, bei denen meistenteils die Höchstgeschwindigkeiten durch die Steigungen bzw. durch die zahlreichen Kurven begrenzt sind. Daher kommt es auch, daß die Reisegeschwindigkeiten unserer elektrischen Züge noch vielfach unterhalb der der Dampfzüge in Norddeutschland liegen, welche große Strecken ohne besondere Fahrbeschränkungen mit hohen Geschwindigkeiten befahren können. Sobald die Strecke nach Halle und Berlin elektrisch betrieben wird, können wir auf den Flachlandstrecken die günstigeren Voraussetzungen des Geländes ausnutzen und werden dann die Strecke München–Berlin trotz des dazwischenliegenden mitteldeutschen Gebirges in etwa 6 Std. durchmessen. In wenigen Wochen kommt ein sogenannter geschobener Zug in Betrieb, der aus 4 neuzeitlichen D-Zugwagen besteht. Auf der einen Seite wird eine Lokomotive der Reihe E 04 für 130 km/h angesetzt, auf der anderen Seite ein Gepäckwagen mit Steuerabteil am Ende. Die Steuerung der Lokomotive ist vollautomatisch. Der Zug wird in der einen Richtung wie gewöhnlich durch die Lokomotive gezogen, in der anderen Richtung geschoben, wobei die gesamte Übertragung und Betätigung der Lokomotive vom Steuerabteil des nunmehr führenden Gepäckwagens aus erfolgt. Wenn unsere Erwartungen sich erfüllen, kann die Zahl der zwischen Lokomotive und Gepäckwagen eingesetzten Wagen noch erhöht werden. Außerdem ist die Möglichkeit gegeben, im Bedarfsfall die Geschwindigkeiten noch über 130 km/h zu erhöhen. Bedenken hinsichtlich des Schiebens solcher Züge bestehen auf Grund der weitgehenden Untersuchungen des Lokomotiv-Versuchsamts Grunewald nicht[9]).

Zusammenfassung.

Die elektrische Zugförderung der Deutschen Reichsbahn konnte hinsichtlich des Baues der stationären Anlagen und des Fahrzeugparkes in den letzten Jahren weitgehend vervollkommnet werden. Die Eingliederung der Ostmark mit ihren schwierigen Streckenverhältnissen hat uns hier neue Aufgaben gestellt, die nach den Grundsätzen der Deutschen Reichsbahn in Kürze gelöst sein werden. Bei den Lokomotiven haben wir eine hohe Entwicklungsstufe erreicht, so daß wir nur mehr mit wenigen Standard-Typen zu rechnen haben; bei den Triebwagen wird es wohl auch nicht mehr lange dauern, bis wir zu Regelausführungen gelangt sind. Die Reichsbahn scheut keine Mittel und Versuche, um den elektrischen Betrieb auf die höchste technische Vollendung zu bringen, die ihr dann auch die entsprechenden wirtschaftlichen Vorteile und den Anreiz zur weiteren Elektrisierung ihres Netzes gibt.

[9]) Nordmann, Org. Fortschr. Eisenbahnw. 94 (1939) S. 83.

Erdseilschlüssel.

DK 614.8 : 621.3.053

VDE 0105 schreibt vor, daß zum Schutz des Personals gegen Gefährdung durch zufälliges oder versehentliches Wiedereinschalten usw. an den Arbeitsstellen eine Erdungs- und Kurzschlußverbindung angebracht werden muß. Diese Vorschrift wird oft übersehen, und die Unfallstatistik zeigt, daß als Folge davon zahlreiche Betriebsunfälle auftreten. Manche dieser Unfälle, besonders wenn es sich um erfahrene Monteure und Wärter handelt, sind einfach unbegreiflich. Da fast sämtliche Arten der Unfallaufklärung des Personals bei solchen Fällen zu versagen scheinen und oft keine noch so genau gegebene Betriebsanordnung nützt, ja selbst die Androhung von Bestrafungen nichts erzielt, muß ein anderer Weg zur Einschränkung dieser elektrischen Unfälle gesucht werden. Zu erreichen ist dies aber nur durch eine Vorrichtung, welche die menschliche Unzulänglichkeit teilweise ausschließt. Viele Werke schützen sich bisher dadurch, daß sie die Hochspannungszellen bzw. die Türen zu den Hochspannungsräumen durch besondere Schlösser abschließen, deren Schlüssel nur dem Betriebspersonal zugänglich sind. Aber damit ist noch nichts Positives gewonnen, denn dieses Ziel kann erst dann als erreicht betrachtet werden, wenn der Mann mit dem Schlüssel zugleich das Schutzgerät (Erdseil) in der Hand hat und damit die Hochspannungszelle zu öffnen gezwungen ist. Diese Verbindung von Schutzgerät *und* Schlüssel ist in dem sogenannten *Erdseilschlüssel* geschaffen worden.

Der Erdseilschlüssel besteht aus einem im Querschnitt dem Kurzschlußstrom angepaßten rd. 3 bis 7 m langen Erdseil, welches am einen Ende drei Kurzschlußklemmen im Abstand von 0,6 bis 1 m besitzt, die zum Überbrücken der drei Phasen des Drehstromsystems in einer Hoch-

Digitized by Google

spannungszelle dienen und am anderen Ende die Erdungsklemme trägt. In der Bohrung dieser Erdungsklemme ist einerseits das Erdseil angelötet und anderseits der Schaft mit dem Schlüsselbart des Erdseilschlüssels eingesetzt. Jede Tür oder Schranke einer Hochspannungszelle wird mit einem Erdseil-Schnappschloß ausgerüstet, welches nur mit obigem Erdseilschlüssel zu öffnen ist.

Bei der Ausführung einer Schaltung hat nun der Beauftragte zuerst die Leistungsschalter und Trennschalter der Hochspannungszelle ordnungsgemäß über deren Antriebe abzuschalten, dann muß er vor dem Betreten der Zelle den Erdseilschlüssel zum Öffnen der Tür oder Schranke — also das Sicherheitsgerät, nämlich das Erd- und Kurzschlußseil — holen. Er steht also vor der Tür oder Schranke mit dem Schutzgerät in der Hand, schließt auf und braucht es dann nur noch anzuwenden, d. h. die Hochspannungszelle ordnungsgemäß zu erden und kurzzuschließen. Ein wesentlicher Vorteil in unfalltechnischer Hinsicht besteht darin, daß jetzt das Erdseil an die jeweilige örtliche. Erdungsstelle gebunden ist. Muß nämlich durch irgendwelche Umstände eine weitere Hochspannungszelle abgeschaltet und geerdet werden, so hat der mit der Schaltung Beauftragte ein zweites Erdseil zu holen und muß nun wiederum zwangsmäßig auch dieses Erdseil richtig anwenden. So ist also in jedem Fall dem Verantwortlichen das Sicherheitsgerät automatisch in die Hand gegeben.

Bei Anbringung mehrerer Erdseile im gleichen Stromkreis (Sammelschienentrennmesser, Ölschalterzelle usw.) empfiehlt es sich, Kurzschlußtafeln anzubringen, auf denen die Zahl der eingelegten Kurzschluß- bzw. Erdseilverbindungen einzuschreiben ist. Weiter hat sich die Anbringung von Aufschriften am Eingang und in den Hochspannungsanlagen selbst mit dem Wortlaut: „Betritt nie eine Hochspannungszelle, wenn sie nicht kurzgeschlossen und geerdet ist!" bewährt.

Der Erdseilschlüssel kann eigentlich nicht versagen. Betriebsunfälle oben genannter Art dürfte es in Zukunft kaum mehr geben, denn nach der Unfallstatistik finden 80 % aller Unfälle ihre Ursache in der Schuld des Verunglückten, wobei dieser meist der Schaltende und zugleich Vergeßliche selbst ist. Auch die Schuldfrage ist bei Einführung des Erdseilschlüssels gelöst. Es gibt keine umfangreichen Untersuchungen mehr, denn derjenige Betriebsangehörige, welcher die Hochspannungsanlage mit dem Erdseilschlüssel aufschließt, hat auch die Pflicht, zu erden und kurzzuschließen, denn er hat ja das Erdseil zur Hand und braucht es nur an Ort und Stelle anzubringen. Auch bei Arbeiten von fremdem Personal, wie es z. B. bei Erweiterungen von Hochspannungsanlagen vorkommen kann, wird der Erdseilschlüssel in Zukunft jeden Gefahrenpunkt ausschließen, da sämtliche Türen bzw. Schranken der Hochspannungszellen verschlossen sind, mit Ausnahme nun derjenigen geerdeten Zellen, in welchen der fremde Monteur gerade zu arbeiten hat. Es gibt daher bei richtiger Anwendung des Erdseilschlüssels keinen Betriebsfall mehr, bei dem noch eine Gefahr bestehen könnte.

Otto Eisenmenger.

Der Geltungsbereich der in den neuen VDE-Leitsätzen für die Erzeugung von Stoßspannungen enthaltenen Näherungsformeln.

Von R. Elsner VDE, Nürnberg.

DK 621.3.015.33(083.133.1)

Übersicht. Die in § 6 b) der neuen Leitsätze VDE 0450/XI.39 angegebenen Näherungsformeln zur Berechnung der Kenngrößen eines Stoßkreises werden aus den genauen Formeln abgeleitet, wobei für die verschiedenen Wellenformen die entsprechenden Umrechnungsfaktoren zur Berücksichtigung des Zusammenhanges zwischen Zeitkonstanten und Stirn- bzw. Rückenhalbwertzeit eingeführt werden. Die mit diesen Näherungformeln berechneten Widerstandswerte stimmen in dem praktisch in Frage kommenden Anwendungsbereich der beiden Grundschaltungen nicht nur für die 1|50 µs-Welle, sondern auch für die 1|10 µs-Welle und zum Teil sogar für die 1|5 µs-Welle mit den durch das genaue Berechnungsverfahren ermittelten Werten hinreichend überein. Die Näherungsformeln besitzen gegenüber dem genauen Berechnungsverfahren den Vorteil, daß sie den Einfluß der einzelnen Kenngrößen auf die Wellenform klar erkennen lassen.

1. Einleitung.

In § 6 a) der neuen „Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke"[1]) ist für die beiden in Bild 1 a und b dargestellten Grundschaltungen eines Stoßkreises[2]) ein genaues Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kenngrößen des Stoßkreises angegeben, das sich, ausgehend von früheren Arbeiten Blähas[3]) und des Verfassers[4]), im wesentlichen auf die Darstellung in den neueren Veröffentlichungen von Höfer[5]) und vor allem von Marguerre[6]) gründet. Da die in den Leitsätzen gebrachten genauen Endformeln (1) und (2) für R_d und R_e

$$R_d = \frac{T_s\,\xi}{C_b\,\eta} \quad (1) \qquad \text{und} \qquad R_e = \frac{T_r\,\vartheta\,\eta}{C_s} \quad (2)$$

insbesondere hinsichtlich der Herleitung der darin enthaltenen Konstanten ξ und ϑ sowie des Ausnutzungsgrades η nicht ganz leicht zu übersehen sind, wurden auf Anregung des Verfassers in § 6 b der Leitsätze Näherungsformeln zur Berechnung der Kenngrößen aufgenommen, die den Einfluß der einzelnen elektrischen Konstanten des Stoßkreises auf Stirnzeit T_s und Rückenhalbwertzeit T_r der Stoßwelle anschaulicher erkennen lassen. In den Leitsätzen ist die Anwendung dieser Näherungsformeln zunächst auf die Berechnung der 1|50 µs-Normalwelle beschränkt worden. Im folgenden soll nun der Geltungsbereich dieser Formeln durch Berechnung der Fehlerabweichung bei Anwendung der Näherungsformeln gegenüber den Formeln (1) und (2) genauer festgelegt werden.

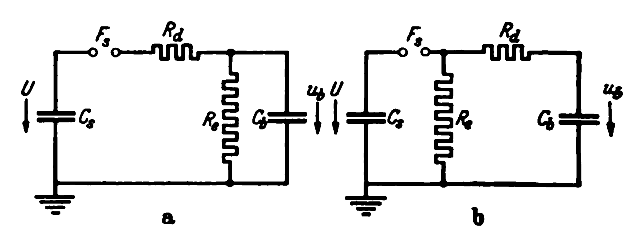


Abb. 1. Grundschaltungen eines Stoßkreises.

2. Herleitung der Näherungsformeln.

Die strenge Lösung der Differentialgleichung für den Spannungsverlauf u_b am Prüfling C_b lautet bei den beiden Schaltungen nach Abb. 1 a und 1 b formal genau gleich:

$$u_b = U\,\frac{R_e\,C_s}{T_1 - T_2}\cdot\left[\varepsilon^{-t/T_1} - \varepsilon^{-t/T_2}\right], \qquad (3)$$

wenn U die Spannung an der Stoßkapazität C_s zur Zeit $t = 0$ bedeutet. Der zeitliche Verlauf dieser Spannung,

[1]) Vgl. ETZ 60 (1939) H. 29, S. 874 u. dieses Heft S. 1372.

[2]) Vgl. Abb. 4a und 4b in den Leitsätzen, wo allerdings noch die Induktivität L der Entladungsschleife mit eingetragen ist.

[3]) A. Bläha, Rev. gén. Électr. 37 (1935) S. 209 u. S. 245.

[4]) R. Elsner, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 159.

[5]) R. Höfer, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 275.

[6]) W. Marguerre, ETZ 59 (1938) S. 1205 u. 1234; ETZ 60 (1939) H. 28, S. 837.

Digitized by Google

die sich danach aus zwei Exponentialfunktionen zusammensetzt, ist in Abb. 2 schematisch dargestellt. Da die der Rechnung zugrunde gelegten Ersatzbilder Abb. 1 a und 1 b die Induktivität L des Stoßkreises gänzlich vernachlässigen, weicht der Stirnverlauf der so berechneten

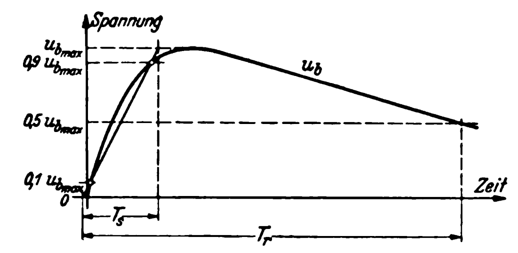


Abb. 2. Zeitlicher Verlauf der Stoßspannung u_b in den Grundschaltungen nach Abb. 1.

Stoßwelle von dem in Abb. 1 der Leitsätze gezeichneten allgemeinen Verlauf einer Stoßwelle besonders im unteren Teil deutlich ab; denn die Exponentialwelle nach Gl. (3) besitzt ihre größte Steilheit zur Zeit $t = 0$, während der Anstieg der Normalwelle hier Null ist. Für die Bestimmung der Stirnzeit T_s nach den Leitsätzen fällt jedoch dieser Unterschied nicht ins Gewicht, solange $T_s \gg L/R_e$ ist, was praktisch wenigstens für die 1|50 und 1|10 µs-Welle bei nicht zu weitläufigem Aufbau des Stoßkreises stets erfüllt ist.

Durch Differentiation der Gl. (3) nach der Zeit und Nullsetzen von du_b/dt ergibt sich das Verhältnis der größten Spannung $u_{b_{max}}$ am Prüfling zur Anfangsspannung U der Stoßkapazität, d. i. der sog. Ausnutzungsgrad η der Anlage wieder für beide Schaltungen gleich zu

$$\frac{u_{b_{max}}}{U} = \eta = \sqrt{\frac{R_e\, C_s}{R_d\, C_b}}\sqrt{\frac{T_2}{T_1}}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{(1-T_1/T_2)}}. \qquad (4)$$

Da hierin bei gegebenem Verhältnis T_1/T_2, wie weiter unten gezeigt wird, das Verhältnis R_e/R_d nur noch eine Funktion von C_s/C_b ist oder umgekehrt, so ist der Ausnutzungsgrad einer Stoßschaltung lediglich von der vorgeschriebenen Wellenform und der Wahl eines der beiden Verhältnisse C_s/C_b oder R_e/R_d abhängig. Er ist ferner für alle ähnlichen Wellenformen (konstantes T_1/T_2) gleich. Von den vier Größen R_e, R_d, C_s und C_b sind im übrigen für eine bestimmte Wellenform (T_1 und T_2) nur noch zwei frei wählbar[7]). Zur Bestimmung der beiden übrigen Größen dienen die folgenden Gleichungen (9 a) und (10 a), bzw. (9 b) und (10 b) für T_1 und T_2. Diese Gleichungen sind für die beiden Schaltungen 1 a und 1 b verschieden.

Für Schaltung 1 a gilt genau:

$$T_1 = \frac{2 R_d R_e C_b C_s}{(R_d + R_e)(C_b + C_s) - R_d C_b (\mp) \sqrt{[(R_e + R_d)(C_b + C_s) - R_d C_b]^2 - 4 R_d R_e C_b C_s}}, \qquad (9a) \text{ bzw. } (10a)$$

für T_2 mit dem positiven Wurzelvorzeichen im Nenner.

Für Schaltung 1 b gilt dagegen:

$$T_1 = \frac{2 R_d R_e C_b C_s}{R_e (C_b + C_s) + R_d C_b (\mp) \sqrt{[R_e (C_b + C_s) + R_d C_b]^2 - 4 R_d R_e C_b C_s}}, \qquad (9b) \text{ bzw. } (10b)$$

für T_2 mit dem positiven Wurzelvorzeichen im Nenner.

Hieraus folgt in beiden Fällen die weitere Beziehung

$$T_1 T_2 = R_d R_e C_s C_b \qquad (11)$$

und außerdem für Schaltung 1 a:

$$\sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{R_d C_s}{R_e C_b}}\left\{\left(1 + \frac{R_e}{R_d}\right) + \frac{R_e C_b}{R_d C_s} + \sqrt{\left[\left(1 + \frac{R_e}{R_d}\right) + \frac{R_e C_b}{R_d C_s}\right]^2 - \frac{4 R_e C_b}{R_d C_s}}\right\}, \qquad (12a)$$

für Schaltung 1 b:

$$\sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{R_d C_s}{R_e C_b}}\left\{\frac{R_e}{R_d} + \left(1 + \frac{R_e}{R_d}\right)\frac{C_b}{C_s} + \sqrt{\left[\frac{R_e}{R_d} + \left(1 + \frac{R_e}{R_d}\right)\frac{C_b}{C_s}\right]^2 - \frac{4 R_e C_b}{R_d C_s}}\right\}. \qquad (12b)$$

Setzt man nun zur Vereinfachung der Berechnung voraus, daß für die praktisch gebräuchlichen Wellen das Verhältnis $T_2/T_1 \ll 1$ ist, so ergeben sich folgende Ungleichungen

$$R_d C_b \ll (R_d + R_e)(C_s + C_b) \qquad (13a)$$

$$R_d C_b \ll R_e (C_s + C_b) \qquad (13b)$$

$$4 \cdot R_d R_e C_b C_s \ll (R_d + R_e)^2 (C_s + C_b)^2 \qquad (14a)$$

$$4 R_d R_e C_b C_s \ll R_e^2 (C_s + C_b)^2. \qquad (14b)$$

Unter Berücksichtigung dieser Ungleichungen lassen sich aus den sehr umständlichen Bestimmungsgleichungen (9 a) bis (10 b) nach kleinen Nebenrechnungen ohne weiteres folgende einfachen Näherungsgleichungen ableiten:

Für Schaltung 1 a:

$$T_1 \approx (R_d + R_e)(C_s + C_b); \qquad (15a)$$

$$T_2 \approx \frac{R_d R_e}{(R_d + R_e)} \frac{(C_s C_b)}{(C_s + C_b)}; \qquad (16a)$$

für Schaltung 1 b:

$$T_1 \approx R_e (C_s + C_b); \qquad (15b)$$

$$T_2 \approx R_d \frac{C_s C_b}{(C_s + C_b)}. \qquad (16b)$$

Diese Gleichungen erlauben in bequemer Weise, z. B. bei gegebenen Kapazitäten C_s und C_b, aus den Zeitkonstanten T_2 und T_1 der vorgeschriebenen Wellenform die Größe der erforderlichen Widerstände R_d und R_e zu berechnen. Da nun praktisch nicht T_2 und T_1, sondern die Stirnzeit T_s und die Rückenhalbwertzeit T_r vorgeschrieben sind, so ist es noch nötig, den Zusammenhang zwischen den beiden letzteren Größen und den Zeitkonstanten zu kennen. Diesen Zusammenhang kann man nach Marguerre[8]) durch die Beziehungen

$$T_r = \frac{T_1}{a} \quad (17) \qquad \text{und} \qquad T_s = \frac{2}{b} \cdot T_2 \quad (18)$$

darstellen, wobei a und b lediglich vom Verhältnis T_r/T_s abhängen. Hierfür hat Marguerre in einer Arbeit in der ETZ[8]) ein Kurvenblatt gezeichnet. Tafel 1 gibt für die genormten Wellen 1|5, 1|10 und 1|50 µs die aus den Marguerreschen Kurven entnommenen Größen für $1/a$ und $2/b$ wieder.

Nach Einsetzen der Gleichungen (17) und (18) lassen sich nun die Beziehungen (15 a) bis (16 b) folgendermaßen schreiben:

$$\left.\begin{aligned} T_r &\approx \frac{1}{a}(R_d + R_e)(C_s + C_b) \quad &(15a') \\ T_s &\approx \frac{2}{b}\frac{R_d R_e}{(R_d + R_e)}\frac{C_s C_b}{(C_s + C_b)} \quad &(16a') \end{aligned}\right\} \text{gilt für Schaltung 1a)}$$

$$\left.\begin{aligned} T_r &\approx \frac{1}{a} R_e (C_s + C_b) \quad &(15b') \\ T_s &\approx \frac{2}{b} R_d \frac{C_s C_b}{(C_s + C_b)} \quad &(16b') \end{aligned}\right\} \text{gilt für Schaltung 1b).}$$

Zahlentafel 1.

T_r / T_s	$\frac{1}{a}$	$\frac{2}{b}$
5	1,23	1,47
10	0,776	2,03
50	0,72 ~ ln 2	2,5

Hierin sind je nach der Wellenform für $1/a$ und $2/b$ die Werte der Zahlentafel 1 einzuführen. Bei Zugrundelegung der für die obigen Näherungsformeln gültigen Annahme, daß $T_2/T_1 \ll 1$ (bzw. $T_s/T_r \ll 1$) ist, lassen sich auch für den Ausnutzungsgrad η der Stoßanlage aus der genauen Beziehung Gl. (4) die beiden folgenden einfachen Näherungsgleichungen ableiten:

[7]) Vgl. Fußnote 4.

[8]) W. Marguerre, ETZ 60 (1939) H. 28, S. 838, Abb. 3.

Digitized by Google

für Schaltung 1 a:

$$\eta \approx \frac{R_e\, C_s}{(R_d + R_e)\,(C_s + C_b)} \qquad (19a)$$

für Schaltung 1 b:

$$\eta \approx \frac{C_s}{(C_s + C_b)}\,. \qquad (19b)$$

3. Vergleich der Näherungsrechnung mit dem genauen Berechnungsverfahren.

Zur Feststellung des Fehlers, der bei Benutzung der obigen Näherungsformeln entsteht, sind nun in den Zahlentafeln 2 und 3 unter der Annahme, daß die Stoßkapazität C_s zu 1 µF gegeben ist, für verschiedenes Verhältnis C_b/C_s die Werte der Widerstände R_d und R_e sowie der Ausnutzungsgrad η für beide Schaltungen und für die genormten Wellen von 1|50, 1|10 und 1|5 µs sowohl nach dem genauen Verfahren als auch mit den obigen Näherungsformeln berechnet worden. Die Abweichungen zwischen den Näherungswerten und den genauen Werten sind ebenfalls als Fehler jeweils in % des genauen Wertes mit in die Zahlentafeln eingetragen. In Abb. 3 und 4 sind diese prozentischen Fehler außerdem für die beiden Schaltungen 1 a) und 1 b) getrennt in Abhängigkeit vom Verhältnis C_b/C_s kurvenmäßig dargestellt, wobei das Verhältnis $T_r\,T_s$ als Parameter eingeführt ist. Diese Kurven haben ganz allgemeine Gültigkeit. Der der Rechnung zugrunde gelegte Zahlenwert von C_s ist auf die Größe des prozentischen Fehlers ohne Einfluß. Man erkennt, daß nach Einführung der Größen $1/a$ und $2/b$, welche den Zusammenhang zwischen T_1 und T_2 einerseits und T_r und T_s andererseits richtig darstellen, der Fehler durch Benutzung der Näherungsformeln für die 1|50 µs-Wellen bei beiden Schaltungen bis zu den größten praktisch vorkommenden Belastungskapazitäten C_b weit unter 5 % bleibt.

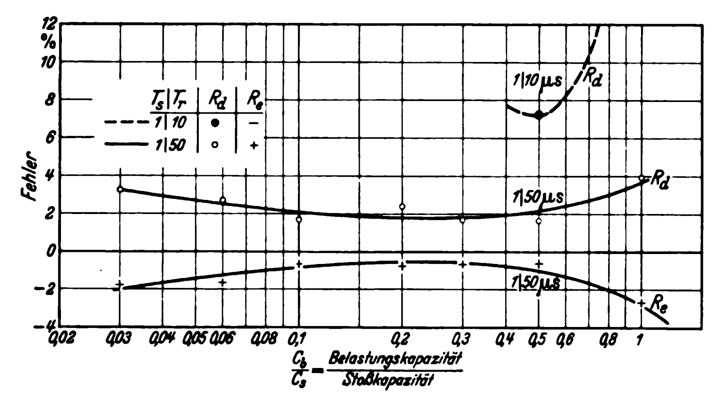


Abb. 3. Fehler in % bei der Berechnung der Widerstände nach den Näherungsformeln für Schaltung 1 a.

Bemerkenswert ist ferner, daß auch für die 1|10 µs-Welle der Fehler bei der Bemessung der Widerstände nach den Näherungsformeln für Schaltung 1 b bis herauf zu einem Verhältnis $C_b/C_s = 1$ noch unter 5 % bleibt. Damit sind die Näherungsformeln (15 b') und (16 b') ohne weiteres auch für diese Welle brauchbar. Daß bei der Berechnung des Ausnutzungsgrades nach Formel (19 b) wesentlich größere Fehler entstehen, ist ohne Belang, da hierfür ohne weiteres auch die genauere Formel (4) benutzt werden kann. Unzulässige Fehler bei der Berechnung der Widerstände nach den Näherungsformeln treten bei Schaltung 1 b erst für die 1|5 µs-Welle auf, wenn das Kapazitätsverhältnis $C_b/C_s > 0{,}25$ wird, was aber mit Rücksicht auf die dann sehr schlechte Ausnutzung des Stoßgenerators praktisch kaum mehr vorkommen wird.

Zahlentafel 2. Vergleich der Ergebnisse der Näherungsformeln mit denjenigen des genauen Berechnungsverfahrens. (Schaltung 1a: $C_s = 1\,\mu F$).

T_s/T_r	C_b/C_s	R_d genauer Wert Ω	R_d Näherungswert Ω	R_d Fehler %	R_e genauer Wert Ω	R_e Näherungswert Ω	R_e Fehler %	η genauer Wert	η Näherungswert	η Fehler %
1|50 µs	0,03	18,6	19,2	+ 3,2	49,2	48,3	— 1,83	0,690	0,695	+ 0,72
	0,1	4,66	4,74	+ 1,7	58,9	58,5	— 0,68	0,83	0,84	+ 1,2
	0,2	2,46	2,52	+ 2,44	55,85	55,4	— 0,80	0,783	0,795	+ 1,53
	0,5	1,21	1,23	+ 1,65	45,4	45,1	— 0,66	0,636	0,649	+ 2,04
	1,0	0,785	0,816	+ 3,95	34,9	33,95	— 2,7	0,49	0,487	— 0,61
1|10 µs	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,25	3,28	imaginär	∞	6,8	imaginär	∞	0,52	—	—
	0,5	1,64	1,76	+ 7,3	6,8	5,52	— 18,8	0,52	0,506	— 2,7
	1,0	1,032	1,27	+ 23,0	5,4	4,38	— 18,9	0,413	0,388	— 6,05
1|5 µs	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,0	2,16	imaginär	∞	1,28	imaginär	∞	0,22	—	—

Zahlentafel 3. Vergleich der Ergebnisse der Näherungsformeln mit denjenigen des genauen Berechnungsverfahrens. (Schaltung 1b: $C_s = 1\,\mu F$).

T_s/T_r	C_b/C_s	R_d genauer Wert Ω	R_d Näherungswert Ω	R_d Fehler %	R_e genauer Wert Ω	R_e Näherungswert Ω	R_e Fehler %	η genauer Wert	η Näherungswert	η Fehler %
1|50 µs	0,03	13,7	13,7	0	67,2	67,5	+ 0,45	0,94	0,97	+ 3,19
	0,1	4,4	4,4	0	63,1	63,1	0	0,88	0,908	+ 3,19
	0,2	2,39	2,4	+ 0,42	58,0	57,8	— 0,35	0,806	0,832	+ 3,23
	0,5	1,20	1,20	0	45,8	46,2	+ 0,87	0,643	0,665	+ 3,42
	1,0	0,78	0,80	+ 2,56	35,2	34,8	— 1,42	0,493	0,50	+ 1,40
1|10 µs	0,05	10,4	10,35	— 0,5	10,73	10,76	+ 0,28	0,821	0,95	+ 15,7
	0,1	5,45	5,42	— 0,55	10,23	10,28	+ 0,49	0,783	0,908	+ 16,0
	0,25	2,5	2,47	— 1,2	8,95	9,05	+ 1,12	0,684	0,80	+ 17,0
	0,5	1,53	1,467	— 3,5	7,3	7,54	+ 3,29	0,558	0,667	+ 19,5
	1,0	1,035	0,985	— 4,82	5,39	5,65	+ 4,83	0,412	0,5	+ 20,4
1|5 µs	0,05	14,55	14,3	— 1,72	3,805	3,87	+ 1,71	0,653	0,95	+ 45,5
	0,1	7,68	7,48	— 2,6	3,60	3,70	+ 2,78	0,618	0,908	+ 47,0
	0,25	3,63	3,40	— 6,35	3,05	3,25	+ 6,55	0,523	0,80	+ 53,0
	0,5	2,34	2,04	— 12,8	2,374	2,71	+ 14,2	0,407	0,667	+ 64,0
	1,0	1,726	1,36	— 21,2	1,603	2,03	+ 26,6	0,275	0,5	+ 82,0

Digitized by Google

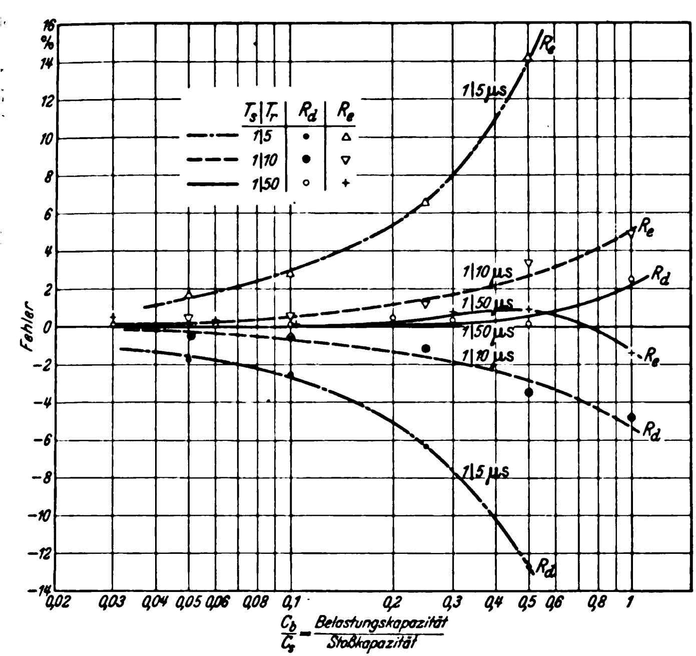


Abb. 4. Fehler in % bei der Berechnung der Widerstände nach dem Näherungsverfahren für Schaltung 1 b.

Bei Schaltung 1 a liefern die Näherungsformeln schon für die 1|10 µs-Welle zu ungenaue Werte, während sie für die 1|5 µs-Welle in dem betrachteten Bereich $C_b/C_s < 1$ gänzlich unbrauchbar sind. Da aber Schaltung 1 a) wegen der schlechten Ausnutzung der Stoßanlage höchstens zur Erzeugung der 1|10 µs-Welle gelegentlich in Frage kommt, so bedeutet dieser Umstand praktisch kaum eine Einschränkung für den Anwendungsbereich der Näherungsformeln.

Zusammenfassung.

Unter der Annahme, daß die Stirnzeit kurz gegenüber der Rückenhalbwertzeit der Stoßwelle ist, werden für die beiden Grundschaltungen nach Abb. 1 a) und 1 b) aus den genauen Formeln, die dem in § 6 a) der neuen Leitsätze (VDE 0450/XI. 39) enthaltenen Berechnungsverfahren zugrunde liegen, Näherungsformeln zur Ermittlung der Kenngrößen des Stoßkreises abgeleitet, die den Einfluß der Widerstände und Kapazitäten des Stoßkreises auf Stirn- und Rückenhalbwertzeit unmittelbar erkennen lassen. Ein Vergleich der mit dem genauen Rechenverfahren und mit dem Näherungsverfahren gewonnenen Werte der Kenngrößen zeigt, daß die Näherungsformeln in dem praktisch in Frage kommenden Anwendungsbereich der Schaltungen 1 a) und 1 b) nicht nur für die 1|50 µs-Welle, sondern auch für die 1|10- und teilweise sogar für die 1|5 µs-Welle genügend genaue Ergebnisse liefern.

Zentrale Fernsteuerung der öffentlichen Beleuchtung und der Spitzenlast durch überlagerte Tonfrequenz[1]).

621.398 : 628.971.6

Für eine zentrale Steuerung kommen entweder besondere Steuerleitungen oder die Benutzung des an sich vorhandenen Starkstromnetzes in Betracht. In Anbetracht der hohen Kosten für das erste Verfahren geht das heutige Bestreben dahin, das Starkstromnetz für die Übertragung der Steuersignale bis zum letzten Abnehmer zu benutzen. Es gibt grundsätzlich drei denkbare Verfahren, um über ein Wechselstromnetz Steuersignale zu übertragen, nämlich A. kurzzeitige Änderung der Netzfrequenz, B. kurzzeitige Änderung der Netzspannung, C. Überlagerung von Signalen.

Verfahren A scheidet beim heutigen Verbundbetrieb der Netze aus.

Verfahren B scheidet für den Verfasser gleichfalls praktisch aus, weil er sowohl die Einleitung kurzzeitiger Spannungsabsenkungen als auch die Erstellung eines Relais, das zufällige von gewollten Spannungsabsenkungen unterscheidet, für schwer durchführbar hält. (Anm. d. Ber.: Das Transkommandosystem[2]) arbeitet nach Verfahren B bereits seit einigen Jahren mit vollem Erfolg und wird laufend in Versorgungsanlagen eingebaut.)

Verfahren C wird eingehend erörtert und unterschieden in Systeme, die den Sender der Signale in Unterwerken vorsehen und nur einen begrenzten Niederspannungsbezirk versorgen, und in solche, die einen einzigen Sender in der Zentrale vorsehen, der die Signale über das Hochspannungsnetz und die nachgeordneten Netze zu den Abnehmern überträgt.

Bei den ersteren werden weiter unterschieden das „Erdrückleitungssystem" mit Tonfrequenzspannung zwischen Nulleiter und Erde, und das „Erdrückleitungssystem" mit Tonfrequenzspannung zwischen Erde und den kapazitiv angekoppelten drei Netzleitern.

Die Relais werden zwischen Nulleiter und Erde bzw. zwischen Netzleiter und Erde angeschlossen.

Den beiden Systemen stehen nur begrenzte Anwendungsmöglichkeiten offen, sie leiden unter verschiedenen Schwierigkeiten, z. B. kapazitive Ableitung der Tonfrequenz. Weitere Systeme sind das „Sternpunkt-Nulleiter-System" mit transformatorisch in die Verbindungsleitung Sternpunkt-Nulleiter übertragener Tonfrequenz und das „Gleichspannungs-System" mit Einschaltung einer umpolbaren Gleichspannung zwischen Nulleiter und Sternpunkt, die über einen Widerstand miteinander verbunden sind. Die Gleichspannung liegt parallel zum Widerstand.

In den Unterstationen ohne Sendegeräte müssen bei ersterem System Drosseln bei letzterem Widerstände zwischen Sternpunkt und Nulleiter eingebaut werden, damit ein Kurzschließen der Signale verhindert wird. Verfasser hält die letzten beiden Systeme den vorher genannten für überlegen, befürwortet aber nur die zentrale Steuerung nach C.

Bei den Einrichtungen nach Verfahren C mit dem Sender in der Zentrale kann der Tonfrequenzgenerator parallel zum 50 Hz-Generator oder aber auch transformatorisch in Reihe mit der 50 Hz-Stromquelle bzw. dem einzelnen Netzabzweig geschaltet werden. Bei der Übertragung der Tonfrequenz ist auf den Einfluß der Netzreaktanz und Netzkapazität (Absorption der Tonfrequenz) sowie bei größeren Leitungslängen auf den Ferrantieffekt zu achten.

Für die Signalübermittlung kommt der Frequenzbereich von 300 bis 800 Hz in Betracht, wobei ungerade Harmonische von 50 Hz zu vermeiden sind.

Bei der Anschlußart parallel zu den 50 Hz-Generatoren stellen diese und die sonstigen Einspeisestellen eine Belastung (Kurzschluß) für den Tonfrequenzgenerator dar (sofern diese Netzteile nicht durch Tonfrequenzsperren, die für den Durchgang des Betriebsstromes bemessen sein müssen, abgeriegelt sind, Anm. des Berichters). Diese Anschlußart ist in Hollywood und Potsdam angewandt worden.

Bei transformatorischem Anschluß in Reihe mit der Stromquelle stellen die Einspeisestellen für die Tonfrequenz einen kleinen, das versorgte Netzteil einen verhältnismäßig großen Widerstand dar, so daß die Tonfrequenzspannung vornehmlich im Netz auftritt, vorausgesetzt, daß die einzelnen Netzteile nicht miteinander gekuppelt sind. Wenn die einzelnen Netzteile nacheinander über in Reihe mit den Hochspannungsleitern liegende kurzschlußfeste Trafowicklungen mit Tonfrequenz beschickt werden können, ist nur ein verhältnismäßig kleiner Tonfrequenzgenerator erforderlich. Netzerweiterungen sollen ohne Änderung der Sendeanlage möglich sein. Die Ankopplungstransformatoren sind als Sättigungstransformatoren ausgeführt, um hohe Ströme im Tonfrequenzgenerator zu unterdrücken. Ihr hoher Magnetisierungsstrom wird durch auf die jeweilige Tonfrequenz umstimmbare Kondensatoren kom-

[1]) H. P. Barker, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 823.
[2]) Elektr.-Wirtsch. 36 (1937) S. 398; AEG-Mitt. (1937) S. 331; (1938) S. 116; (1939) S. 286; Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 19.

Digitized by Google

pensiert. Der Tonfrequenzgenerator ist durch Kondensatoren gegen 50 Hz-Ströme abgeriegelt und wird in Abhängigkeit von der Netzbelastung erregt, um stets gleiche Tonfrequenzspannung beim Abnehmer zu gewährleisten. Schwierigkeiten ergeben sich bei diesem System bei Netztrafos hoher Reaktanz, starker Vermaschung des Netzes, bei mehreren Netzeinspeisestellen. Anlagen mit transformatorischem Anschluß bestehen in Paris, dem übrigen Frankreich und Belgien, in vier Orten Englands und drei Orten von V.S.Amerika.

Die meist verwendeten Relais benutzen die Schwingungen auf bestimmte Tonfrequenzen abgestimmter Zungen, um Sperräder weiterzuschalten, die ihrerseits Schalter betätigen. Die einzelnen Kommandos sind verschiedenen Frequenzen zugeordnet.

An Anwendungsgebieten werden erörtert die Steuerung der Straßenbeleuchtung, der zeitweisen Sperrung von Abnehmern, der Tarifgeräte, der Schaufensterbeleuchtung, von Schaltern und von Luftschutzsirenen.

An die Ausführungen des Verfassers schließt sich eine umfangreiche Aussprache an, die das Bedürfnis nach zentraler Fernsteuerung zum Ausdruck bringt, die Systemfrage als derzeit noch umstritten erscheinen läßt. *Ai.*

Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke.

VDE-Ausschuß für die Prüfung mit Stoßspannungen.

DK 621.3.015.33(083.133.1)

VDE 0450/XI. 39.

Abweichungen des endgültigen Wortlautes gegenüber dem in ETZ 60 (1939) H. 29, S. 874 veröffentlichten Entwurf.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Leitsätze treten am 1. Januar 1940 in Kraft[1]).

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

v) Der erste Absatz erhält die Fassung:

Ausnutzungsgrad eines Stoßspannungserzeugers ist das Verhältnis des Scheitelwertes der an der Belastungskapazität C_b [vgl. § 4a)] auftretenden vollen oder auf dem Rücken abgeschnittenen Stoßspannung zur Ladespannung der Stoßkapazität C_s.

III. Bestimmungen.

§ 5.

Genormte Stoßspannungen.

b) Genormte Formen der Stoßspannungen.

Der erste Satz erhält folgende Fassung:

Bei Stoßprüfungen sind Stirnzeit, Rückenhalbwert-Zeit und Polarität der am Prüfling auftretenden Stoßspannung anzugeben.

1) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im November 1939.

§ 6.

Berechnung der Kenngrößen des Stoßkreises.

a) Genaueres Berechnungsverfahren[2]).

In der zweiten und dritten Zeile wird an Stelle von „Stirndauer T_s" gesetzt „Stirnzeit T_s".

b) Angenähertes Berechnungsverfahren[3]).

In der fünften und sechsten Zeile wird der Nachsatz:

„vorausgesetzt, daß $R_d/R_e < 0{,}2$ und $C_b/C_s < 0{,}2$ ist" gestrichen.

§ 7.

Durchführung der Stoßüberschlagprüfung.

a) Der letzte Satz erhält die Fassung:

Der Scheitelwert der Stoßspannung ist dabei jeweils durch Vergrößerung der Schlagweite der Zündfunkenstrecke und durch gleichzeitige Steigerung der Ladespannung des Stoßspannungserzeugers bis zu dem gesuchten Wert der Überschlag-Stoßspannung [vgl. § 3n)] am Prüfling zu erhöhen.

§ 8.

Messung von Stoßspannungen.

b) Messung mit der Kugelfunkenstrecke.

1. Allgemeines.

Der letzte Satz des ersten Absatzes erhält den Wortlaut:

Für diese Schlagweite ist der betreffende Scheitelwert der Stoßspannung aus den Eichtafeln nach § 11 von VDE 0430/XI. 39 zu entnehmen.

2) Vgl. ETZ 60 (1939) H. 28, S. 837.
3) Vgl. ETZ 60 (1939) H. 48, S. 1368.

Umstell-Vorschriften für Elektrowärmegeräte.

VDE-Ausschuß für Elektrowärmegeräte.

VDE 0720 U/XII. 39.

DK 621.365(083.133.1)

Diese Umstell-Vorschriften haben den gleichen Wortlaut wie VDE 0720/37 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte" mit Ausnahme der nachstehenden Abweichungen:

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Umstell-Vorschriften treten am 1. 12. 1939 in Kraft[1]).

1) Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im November 1939.

§ 5.

Aufnahme.

a) Für die Aufnahme sind Abweichungen von ± 10% der Nennaufnahme zulässig.

Für Geräte mit einer Nennaufnahme von weniger als 125 W ist eine Abweichung von ± 15% zulässig.

Digitized by Google

AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT.

Theoretische Grundlagen der Dezimeterwellentechnik.

Von F. W. Gundlach VDE, Berlin.

DK 621.396.029.63.001.11

Übersicht*). Für die Anwendung in der Dezimeterwellentechnik werden die wichtigsten zahlenmäßigen Grundlagen gegeben über die Stromverdrängung, die nichtstationäre Stromverteilung und die Elektronenlaufzeit.

Die Dezimeterwellentechnik weicht in der Gestaltung der elektrischen Schaltelemente und in der Art der Schwingungserzeugung stellenweise sehr stark von den sonst in der Hochfrequenztechnik allgemein bekannten Grundsätzen ab. Hierfür sind folgende Hauptpunkte verantwortlich:

1. Der elektrische Strom durchsetzt eine mit steigender Frequenz immer dünner werdende Oberflächenschicht der metallischen Leiter, die Wärmeverluste im Metall nehmen deshalb bei sehr hohen Frequenzen stark zu.
2. Die räumlichen Abmessungen der elektrischen Schaltelemente werden mit der Wellenlänge vergleichbar. Die Stromkreise sind nicht mehr stationär, es treten unter Umständen Verluste durch elektrische Strahlung auf. Weil sich die Abmessungen elektrischer Schaltelemente nicht beliebig verkleinern lassen, geht die Dezimeterwellentechnik dazu über, die Eigenschaften der nicht stationären Stromverteilung bewußt auszunutzen.
3. Die Laufzeiten der Elektronen in den Hochvakuumröhren werden bei den üblichen Betriebsspannungen und Elektrodenabständen mit der Dauer der Hochfrequenzperiode vergleichbar. Weil sich die Betriebsspannungen nicht beliebig vergrößern und die Elektrodenabstände sich nicht beliebig verkleinern lassen, geht die Dezimeterwellentechnik in vielen Fällen den Weg, die Eigenschaften der Elektronenträgheit bewußt auszunutzen.

A. Die Stromverdrängung [1][1]).

Unter der Stromverdrängung versteht man bekanntlich die Erscheinung, daß der elektrische Strom in einem Leiter bei höheren Frequenzen in der Oberfläche fließt, und zwar am stärksten in den Teilen der Oberfläche, an denen die größte magnetische Feldstärke herrscht.

In Abb. 1 a ist ein Ausschnitt aus einer unendlich groß gedachten, ebenen leitenden Wand dargestellt; die Oberfläche dieses Ausschnittes hat die Länge l und die Breite b. Die Dicke der Wand (in Richtung der positiven x-Achse gerechnet) sei ebenfalls unendlich groß gedacht. Die Wand werde in senkrechter Richtung von einem elektrischen Strom mit der Stromdichte $\mathfrak{S}$ durchflossen. In allen Ebenen parallel zur Wandoberfläche ist $\mathfrak{S}$ aus Symmetriegründen gleich. Für die Richtung senkrecht zur Oberfläche (x-Richtung) läßt sich aus den Grundgleichungen des elektromagnetischen Feldes beweisen, daß $\mathfrak{S}$ seinem Betrage nach entsprechend einem Exponentialgesetz von folgender Form abnimmt:

$$|\mathfrak{S}| = \mathfrak{S}_0 \, e^{-\frac{x}{t}} . \qquad (1)$$

*) Nach einem Vortrag, gehalten am 30. 3. 39 in der Arbeitsgemeinschaft „Hochfrequenztechnik" des VDE-Bezirk Berlin.

[1]) Die Zahlen in [ ] weisen auf das Schrifttum am Schluß der Arbeit hin.

Hierin bedeuten:

$\mathfrak{S}_0$ die Stromdichte an der Oberfläche ($x = 0$),

$t = \sqrt{\frac{2\varrho}{\omega \mu \mu_0}}$ die „Eindringtiefe", (2)

ϱ den spez. Widerstand des Leitermaterials,

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-9}$ H/cm die absolute Permeabilität,

μ die relative Permeabilität des betreffenden Leitermaterials und

$\omega = 2\pi f$ die Kreisfrequenz.

Die Stromdichte $\mathfrak{S}$ erfährt mit zunehmendem x außer ihrer Größenänderung auch noch eine Phasendrehung. Nach dem gleichen Exponentialgesetz nimmt auch die magnetische Feldstärke $\mathfrak{H}$ im Innern des Leiters ab (vgl Abb. 1 a).

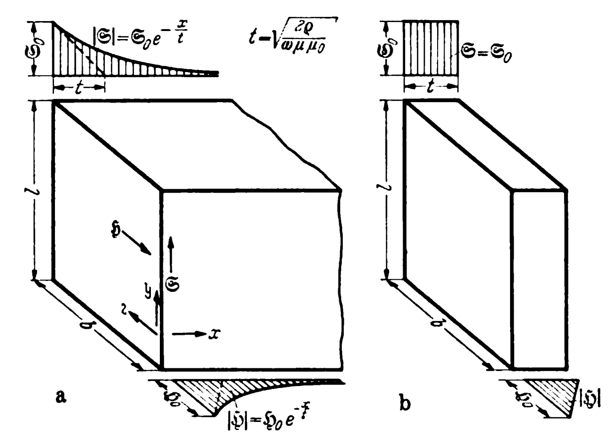


Abb. 1. Stromverdrängung in einer unendlich großen Platte und ihr Ersatzbild (Platte von der Dicke der Eindringtiefe).

Für diese recht komplizierten Strom- und Feldverteilungen läßt sich nach Abb. 1 b ein Ersatzbild schaffen: die Wand von unendlicher Dicke ist ersetzt durch eine Wand von der Dicke der Eindringtiefe t, in der ein Strom von konstanter Dichte $\mathfrak{S}_0$ fließt; das Magnetfeld nimmt linear zur Oberfläche hin zu. Es läßt sich beweisen, daß dies Ersatzbild außerhalb des Metalls sämtliche Bedingungen des elektromagnetischen Feldes (Verhältnisse von Stromdichte und magnetischer Feldstärke an der Oberfläche zur Stärke des durchfließenden Stromes) exakt erfüllt; im Innern des Metalls dagegen steht die angenommene Strom- und Feldverteilung zu den Grundgesetzen in Widerspruch; dies ist aber belanglos, weil diese Stromverteilung für die allgemeinen technischen Berechnungsprobleme nicht interessiert.

Das Ersatzbild ermöglicht nun eine ganz einfache Vorstellung der Stromverdrängung: Der Strom durchsetzt die leitende Wand nur bis zur Tiefe t („Eindringtiefe"); die Stromdichte ist in dieser Schicht konstant. Für die Berechnung des Widerstandes des Wandausschnittes wird ein Leiterquerschnitt $b \cdot t$ angesetzt und der Widerstand nach den Regeln der Gleichstromtechnik ermittelt. Das in der Schicht vorhandene Magnetfeld hat wegen der geringen Schichtdicke einen so geringen Einfluß auf die Selbstinduktion, daß es im Gebiete der Dezimeterwellen stets vernachlässigt werden kann. Die sehr geringe Größe der Eindringtiefe gestattet ferner, auch endliche Leiterstücke,

Digitized by Google

auch mit gekrümmten Oberflächen (Platten, Drähte, Rohre usw.) als „unendlich" anzusehen, und auch hier die Berechnung mit Hilfe der Eindringtiefe (die an sich nur für eine unendlich große Wand exakt gilt) durchzuführen. Für Kupfer ist die Eindringtiefe zahlenmäßig:

$$t_{Cu} = 6{,}7/\sqrt{f_{Hz}}\ (\mathrm{cm}). \tag{3}$$

Beispiel: $f = 2500$ MHz, $t_{Cu} = 1{,}34 \cdot 10^{-4}$ cm $= 1{,}34\ \mu$.

Die Eindringtiefe nimmt mit der Wurzel aus der Frequenz ab, der Widerstand eines Leiters nimmt also mit der Wurzel aus der Frequenz zu. Bei einer bestimmten Frequenz hat das bestleitende Material die kleinste Eindringtiefe und zugleich auch den kleinsten Widerstand (die Leitfähigkeit geht bei der Widerstandsberechnung nochmals in die Rechnung ein); für verschiedene Werkstoffe verhalten sich die Hochfrequenzwiderstände wie die Wurzeln aus den Gleichstromwiderständen.

B. Die nichtstationäre Stromverteilung [2, 3, 4].

Das Grundbeispiel für die nichtstationäre Stromverteilung und zugleich die in der Dezimeterwellentechnik am häufigsten verwendete Bauform für elektrische Schaltelemente ist die Doppelleitung, die aus zwei parallelen Leitern besteht. Welche Querschnittsformen die beiden Leiter haben, ist für die nichtstationäre Stromverteilung belanglos; die in der Praxis zumeist verwendeten Bauformen sind die konzentrische Leitung und die Paralleldrahtleitung, die in Abb. 2 a und b dargestellt sind. Die

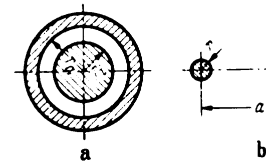


Abb. 2. Querschnittsbilder der konzentrischen Leitung und der Paralleldrahtleitung.

Kenngrößen für diese beiden Leitungsformen sind bei Luftisolation folgende: Die Selbstinduktion je Längeneinheit ist:

für die konzentrische Leitung: $$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{r_a}{r_i} \tag{4}$$

für die Paralleldrahtleitung: $$L = \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{a}{r}. \tag{5}$$

Die Kapazität je Längeneinheit ist:

für die konzentrische Leitung: $$C = 2\pi\varepsilon_0 \frac{1}{\ln r_a/r_i} \tag{6}$$

für die Paralleldrahtleitung: $$C = \pi\varepsilon_0 \frac{1}{\ln a/r}. \tag{7}$$

Wichtiger als diese beiden Größen ist für die Eigenschaften einer Leitung der Wellenwiderstand, der durch die Wurzel aus dem Verhältnis von Selbstinduktion und Kapazität dargestellt ist; er beträgt:

für die konzentrische Leitung:

$$Z = \frac{Z_0}{2\pi} \ln \frac{r_a}{r_i} = 60 \ln \frac{r_a}{r_i}\ (\Omega) \tag{8}$$

für die Paralleldrahtleitung:

$$Z = \frac{Z_0}{\pi} \ln \frac{a}{r} = 120 \ln \frac{a}{r}\ (\Omega). \tag{9}$$

Dabei bedeuten:

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-9}$ (H/cm)	absolute Permeabilität,
$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^{11}}$ (F/cm)	absolute Dielektrizitätskonstante,
$Z_0 = \sqrt{\mu_0/\varepsilon_0} = 120\pi$ (Ω)	absoluter Wellenwiderstand,
$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = 3 \cdot 10^{10}$ (cm/s)	Lichtgeschwindigkeit.

Der Verlustwiderstand der Leitung je Längeneinheit ist aus Leiteroberfläche und Eindringtiefe leicht zu errechnen; er ist

für die konzentrische Leitung:

$$R = \frac{\varrho}{2\pi t r_a}\left(1 + \frac{r_a}{r_i}\right) \tag{10}$$

für die Paralleldrahtleitung:

$$R = \frac{\varrho}{\pi t r}. \tag{11}$$

Die Bedeutung der Größen r_a, r_i, a und r sind aus Abb. 2 zu entnehmen. Die konzentrische Leitung hat den sehr viel kleineren Verlustwiderstand, weil sie erheblich größere Leiteroberflächen besitzt.

Auf einer verlustlosen Doppelleitung bilden sich fortschreitende Wellen aus; Spannung und Strom sind überall gleich groß, erfahren nur mit zunehmender Entfernung eine Phasendrehung; das Verhältnis von Spannung und Strom ist durch den Wellenwiderstand gegeben. Sind auf der Leitung zwei in entgegengesetzter Richtung laufende Wellen vorhanden, so bilden sich Punkte von ausgezeichneten Eigenschaften aus. Es gibt Stellen, wo sich die Spannungen der beiden Wellenzüge addieren, wo also die Gesamtspannung ihren Höchstwert U_{max} besitzt (Spannungsbäuche); dabei subtrahieren sich die Einzelströme, der Gesamtstrom hat seinen Tiefstwert I_{min} (Stromknoten). Ferner gibt es Stellen, wo die Einzelströme sich addieren, wo also der Gesamtstrom seinen Höchstwert I_{max} hat (Strombäuche); dabei hat die Gesamtspannung ihren Tiefstwert U_{min} (Spannungsknoten). Spannungsbäuche und Spannungsknoten haben immer einen Abstand von einer Viertelwellenlänge voneinander. Das Verhältnis des Tiefstwertes zum Höchstwert von Spannung und Strom bezeichnet man als Dämpfung der Leitung:

$$D = \frac{U_{min}}{U_{max}} = \frac{I_{min}}{I_{max}}. \tag{12}$$

Die Höchstwerte und Tiefstwerte von Spannung und Strom sind durch den Wellenwiderstand miteinander verknüpft:

$$Z = \frac{U_{max}}{I_{max}} = \frac{U_{min}}{I_{min}}. \tag{13}$$

An den Spannungsbäuchen wirkt die Leitung wie ein ohmscher Widerstand: $R_{max} = U_{max}/I_{min}$, dieser Widerstand ist der höchste, der überhaupt auf der Leitung auftreten kann. An den Spannungsknoten wirkt die Leitung wie ein sehr kleiner Widerstand: $R_{min} = U_{min}/I_{max}$. Aus den Gl. (12) und (13) ergeben sich unmittelbar die Zusammenhänge:

$$D = \frac{R_{min}}{Z} = \frac{Z}{R_{max}} \tag{14}$$

$$R_{max} = \frac{Z^2}{R_{min}}, \qquad R_{min} = \frac{Z^2}{R_{max}}. \tag{15}$$

Zwischen den Spannungsknoten und -bäuchen wirkt die Leitung als Induktivität oder Kapazität, und zwar in Richtung auf einen Spannungsknoten betrachtet induktiv, in Richtung auf einen Spannungsbauch betrachtet kapazitiv.

Die im vorangegangenen Absatz gegebenen Beziehungen gelten für verlustlose Leitungen; bei verlustbehafteten Leitungen verfährt man derart, daß man sich den halben Wert des für die gesamte Leitungslänge errechneten Verlustwiderstandes im Strombauch konzentriert denkt und die Leitung im übrigen als verlustlos betrachtet (das Einsetzen des halben Widerstandswertes liegt darin begründet, daß die Leitung nicht überall von dem im Strombauch herrschenden Höchststrom I_{max} durchflossen ist).

Doppelleitungen mit nichtstationärer Stromverteilung finden in der Dezimeterwellentechnik folgende Anwendungen:

1. als Transformatoren für Strom, Spannung und Widerstand; über ein Leitungsstück von einer Viertelwellenlänge lassen sich für Spannung und Strom alle Zwischenwerte zwischen dem Höchst- und dem

Digitized by Google

Tiefstwert abgreifen; für eine Leitung von bestimmter Dämpfung D sind die Grenzen für das Übersetzungsverhältnis bei Strom und Spannung D und $1/D$, beim Widerstand D^2 und $1/D^2$;
2. als hochohmige Widerstände bzw. als Parallelresonanzkreise mit hohem Resonanzwiderstand;
3. als niederohmige Widerstände bzw. als Reihenresonanzkreise mit niedrigem Resonanzwiderstand;
4. als Resonanzkreise von hoher Selektivität;
5. als induktive oder kapazitive Blindwiderstände mit geringen Verlusten.

Zu den Punkten 2 und 4 sind noch folgende zahlenmäßigen Ergänzungen notwendig: Nimmt man ein am Ende kurzgeschlossenes Leitungsstück von einer Viertelwellenlänge, so ist es ein Widerstand von der Größe:

$$R_{max} = \frac{Z^2}{R_{min}}, \text{ wobei } R_{min} = \frac{R}{2} \cdot \frac{\lambda}{4}. \tag{16}$$

Setzt man nach den Formeln (8) bis (11) die Werte für die betreffende Leitung ein und versucht, durch geeignete Wahl der Abmessungen ein möglichst großes R_{max} zu erhalten, so erkennt man, daß es dafür optimale Abmessungsverhältnisse gibt; diese sind

$$\text{für die konzentrische Leitung: } \left(\frac{r_a}{r_i}\right)_{opt} = 9{,}2 \tag{17}$$

$$\text{für die Paralleldrahtleitung: } \left(\frac{a}{r}\right)_{opt} = 8{,}0\,. \tag{18}$$

Bei Einhalten dieser Verhältnisse ergeben sich als Zahlenwerte für Kupferleiter:

$$\text{für die konzentrische Leitung: } R_{opt} = 11{,}1 \cdot r_a \sqrt{f} \tag{19}$$

$$\text{für die Paralleldrahtleitung: } R_{opt} = 24{,}0 \cdot a \sqrt{f}\,. \tag{20}$$

Hierbei wird r_a und a in cm und f in Hz eingesetzt.

Beispiel: konzentrische Leitung, $r_a = 1$ cm, $r_i = 0{,}11$ cm, $f = 2500$ MHz, $R_{opt} = 555$ kΩ; es lassen sich also Resonanzwiderstände erzielen, die denen guter Kreise der Langwellentechnik gleichkommen. — Die Selektivität eines Kreises wird in der Hochfrequenztechnik allgemein durch den Wert $Q = \frac{f}{2\,\Delta f}$ angegeben; hierin ist Δf die Abweichung von der Resonanzfrequenz, die erforderlich ist, um den Resonanzausschlag auf das $\frac{1}{\sqrt{2}}$-fache herabzusetzen. Berechnet man die gleiche Größe für eine Doppelleitung, so ergibt sich:

$$Q = 2\pi \frac{f}{c} \frac{Z}{R}\,. \tag{21}$$

Sucht man wiederum nach den Leitungsabmessungen, für die Q möglichst groß wird, so folgt:

$$\text{für die konzentrische Leitung: } \left(\frac{r_a}{r_i}\right)_{opt} = 3{,}6 \tag{22}$$

$$\text{für die Paralleldrahtleitung: } \left(\frac{a}{r}\right)_{opt} = 2{,}7\,. \tag{23}$$

Die optimalen Abmessungsverhältnisse für die Selektivität sind also andere als für den größten Resonanzwiderstand. Die optimale Selektivität beträgt:

$$\text{für die konzentrische Leitung: } Q_{opt} = 0{,}084 \cdot r_a \sqrt{f} \tag{24}$$

$$\text{für die Paralleldrahtleitung: } Q_{opt} = 0{,}089 \cdot a \sqrt{f}\,, \tag{25}$$

wobei r_a und a in cm und f in Hz eingesetzt wird.

Beispiel: konzentrische Leitung, $r_a = 1$ cm, $r_i = 0{,}28$ cm, $f = 2500$ MHz, $Q = 4200$; es werden also Resonanzschärfen erreicht, die denen der Quarzresonatoren in der Langwellentechnik gleichkommen.

Bei Vergleich der Formeln (19) und (20) und anderseits (24) und (25) erscheint die Paralleldrahtleitung der konzentrischen Leitung überlegen; dies ist nur so lange richtig, als die bei der Paralleldrahtleitung stets vorhandene Strahlung vernachlässigbar ist. Ungefähr von 1 m Wellenlänge abwärts jedoch wird die Strahlung so erheblich, daß die Paralleldrahtleitung ihre Vorzüge einbüßt; dort sind dann die Formeln (11), (18), (20), (23) und (25) nur mit Vorsicht anwendbar.

C. Die Elektronenlaufzeit [5, 6, 7].

Zur Berechnung der Elektronenlaufzeit sei nur der Fall der ebenen Elektroden betrachtet; für zylindrische Anordnungen stimmen die Ergebnisse mit guter Näherung, wenn das Verhältnis Kathodendurchmesser zu Anodendurchmesser den Wert 1/2 nicht unterschreitet. Abb. 3 zeigt zwei ebene Platten, von denen die untere (K)

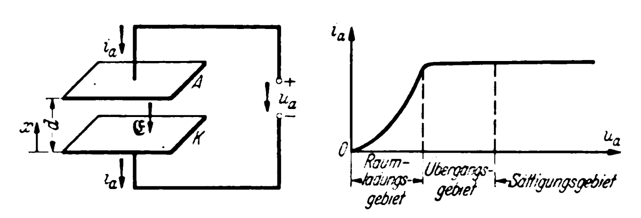


Abb. 3. Ebene Diode und ihre Kennlinie.

als Kathode, die obere (A) als Anode wirkt. Die angelegte Anodenspannung ist u_a; durch ihre Wirkung entsteht zwischen den im Abstand d befindlichen Platten ein elektrisches Feld von der Stärke $\mathfrak{E}$, das der Flugrichtung der Elektronen (x-Richtung) entgegengesetzt ist. Nimmt man für eine solche Röhrenanordnung den Zusammenhang zwischen Anodenstrom i_a und Anodenspannung u_a bei Gleichstrom auf, so entsteht die in Abb. 3 rechts dargestellte Kennlinie. Man unterscheidet hier drei Gebiete: erstens das Raumladegebiet, in dem der Anodenstrom mit der Anodenspannung zunimmt nach der bekannten Beziehung:

$$i_a = \frac{4}{9}\varepsilon_0 \sqrt{\frac{2q}{m}}\, F \frac{u_a^{3/2}}{d^2} = 2{,}34 \cdot 10^{-6} F \frac{u_a^{3/2}\,V}{d^2}\ (A), \tag{26}$$

wobei

F Fläche der Platten in cm²,
d Abstand der Platten in cm,
q Ladung eines Elektrons,
m Masse des Elektrons,

$$\frac{q}{m} = 1{,}76 \cdot 10^{15}\ \frac{\text{cm}^2}{\text{V s}^2}\,. \tag{27}$$

Das Raumladungsgebiet ist dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen den Platten übergehenden Elektronen das von der Anode ausgehende elektrische Feld gegen die Kathode vollkommen abschirmen, wodurch die Kathode nur einen begrenzten Strom abgeben kann. Bei höheren Anodenspannungen folgt ein Übergangsgebiet; hier gibt die Kathode bereits ihren Höchststrom (Sättigungsstrom) ab, jedoch üben die übergehenden Elektronen durch ihre Ladung noch einen merklichen Einfluß auf die Potentialverteilung zwischen den Platten aus. Bei sehr hohen Anodenspannungen wird dann das Sättigungsgebiet erreicht; der Einfluß der Elektronen auf die Potentialverteilung ist vernachlässigbar; die elektrische Feldstärke $\mathfrak{E} = u_a/d$ ist überall zwischen den Platten konstant.

Für das Sättigungsgebiet ist die Elektronenlaufzeit zwischen Kathode und Anode leicht zu errechnen; die Elektronen unterliegen der konstanten Beschleunigung $\frac{q}{m}\frac{U_a}{d}$; nach den Gesetzen des freien Falls folgt die Laufzeit:

$$\tau_s = \frac{2d}{\sqrt{\frac{2q}{m}}\sqrt{U_a}}\,. \tag{28}$$

Im Raumladungsgebiet ist die im Mittel wirksame Beschleunigung geringer, die Elektronen fliegen langsamer, die Laufzeit beträgt das $^3/_2$fache der Sättigungslaufzeit:

$$\tau_r = \frac{3d}{\sqrt{\frac{2q}{m}}\sqrt{U_a}} = \sqrt[3]{6\,\frac{m}{q}\,\frac{\varepsilon_0 F}{I_a}}\; d\,. \tag{29}$$

[Der zweite Teil der Gleichung ist durch Einsetzen der Beziehung (26) erhalten.]

Digitized by Google

Die absolute Größe der Laufzeit ist ohne besonderes Interesse; wichtig ist, wie groß die Laufzeit ist im Verhältnis zur Periodendauer der Hochfrequenz, bei der die Röhre arbeiten soll. Teilt man die Hochfrequenzperiode in 360°, so interessiert der „Laufzeitwinkel"

$$\alpha = \omega\,\tau = 360^\circ \cdot f\,\tau\,, \qquad (30)$$

d. h. der zeitliche Winkel für den Elektronenübergang. Er beträgt:

für das Sättigungsgebiet:

$$\alpha_s = 1{,}21 \cdot d\,f / \sqrt{U_a} \text{ in Grad} \qquad (31)$$

für das Raumladungsgebiet:

$$\alpha_r = 1{,}82 \cdot d\,f / \sqrt{U_a} \text{ in Grad.} \qquad (32)$$

Hierbei wird d in mm, f in MHz und U_a in V eingesetzt. Beispiel: Sättigungsgebiet, $U_a = 100$ V, $f = 2500$ MHz, $d = 1{,}4$ mm, $\alpha_s = 423°$; die Laufzeit ist also größer als die Periodendauer.

Die bisher durchgeführten Berechnungen für die Laufzeit gelten für den Fall, daß eine reine Gleichspannung an der Anode liegt. Es sei nun angenommen, daß der Gleichspannung eine kleine Hochfrequenz-Wechselspannung überlagert wird; diese soll jedoch so klein sein, daß die mittlere Laufzeit der Elektronen durch sie nicht beeinflußt wird, so daß weiterhin mit den oben angegebenen Laufzeitwinkeln gerechnet werden kann. Die Anodenspannung verlaufe also nach der Beziehung:

$$u_a = U_a + U_\sim \sin \omega\,t\,, \text{ wobei } U_\sim \ll U_a\,. \qquad (33)$$

Arbeitet die Röhre im Sättigungsgebiet bei niedrigen Frequenzen, so kann die Anodenwechselspannung keinen Anodenwechselstrom erzeugen, weil der Anodenstrom unverändert die Größe des Sättigungsstromes beibehält; der Wechselstromwiderstand der Röhre bei niedrigen Frequenzen ist also unendlich groß. — Gänzlich anders liegen die Dinge bei sehr hohen Frequenzen; die einzelnen Elektronen werden je nach der Phasenlage ihres Startaugenblickes von der Kathode durch die Wechselspannung ganz verschieden beeinflußt in ihrer Geschwindigkeit und in ihrer Übergangszeit; da die Flugzeit die Größe der Periodendauer erreicht, sind Elektronen von ganz verschiedener Beeinflussung gleichzeitig im Raum. Jedes einzelne Elektron gibt infolge der Influenzwirkung während seiner gesamten Flugzeit einen Beitrag zum Anodenstrom; führt man die etwas langwierige Berechnung für die Summe aller Elektronen durch, so erhält man für den Anodenstrom:

$$\begin{aligned} i_a &= I_a + I_a \frac{U_\sim}{U_a} \sin \omega\,t \cdot \frac{2}{\alpha^2} \left\{ 2\,(1 - \cos \alpha) - \alpha \sin \alpha \right\} \\ &\quad - I_a \frac{U_\sim}{U_a} \cos \omega\,t \cdot \frac{2}{\alpha^2} \left\{ \alpha\,(1 + \cos \alpha) - 2 \sin \alpha \right\} \\ &= I_a + I_W \sin \omega\,t - I_B \cos \omega\,t\,. \qquad (34) \end{aligned}$$

Der Anodenstrom besteht aus drei Anteilen: erstens dem Anodengleichstrom I_a, zweitens einem Anodenwechselstrom I_W, der mit der Anodenwechselspannung in Phase ist (Wirkstrom), und drittens einem Anodenwechselstrom I_B, der der Anodenspannung um 90° nacheilt (Blindstrom). Führt man statt der Ströme und Spannungen die Leitwerte ein:

Gleichstromleitwert $G_- = I_a/U_a$, Wirkleitwert $G_W = I_W/U_\sim$,

$$\text{Blindleitwert } G_B = I_B/U_\sim\,, \qquad (35)$$

so folgt:

$$\begin{aligned} \frac{G_W}{G_-} &= \frac{2}{\alpha^2} \left\{ 2\,(1 - \cos \alpha) - \alpha \sin \alpha \right\} \\ &= \frac{2}{(\alpha/2)^2} \sin \frac{\alpha}{2} \left(\sin \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right) \qquad (36) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{G_B}{G_-} &= \frac{2}{\alpha^2} \left\{ \alpha\,(1 + \cos \alpha) - 2 \sin \alpha \right\} \\ &= \frac{2}{(\alpha/2)^2} \cos \frac{\alpha}{2} \left(\frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2} \right). \qquad (37) \end{aligned}$$

Die Leitwertverhältnisse, die nur noch Funktionen des Laufzeitwinkels sind, sind in Abb. 4 wiedergegeben. Kennzeichnend ist folgendes: der Wirkleitwert durchläuft abwechselnd positive und negative Werte; die Röhre hat also „Dämpfungsbereiche", wo sie Hochfrequenzenergie verbraucht, und „Schwingbereiche", wo sie Hochfrequenzenergie liefert und einen Resonanzkreis anfachen kann. Diese Bereiche lassen sich durch Veränderung des Laufzeitwinkels, z. B. durch Verändern von U_a, einstellen. Der Blindleitwert G_B der Röhre ist bei größeren Laufzeitwinkeln stets induktiv, verändert aber dauernd seine Größe;

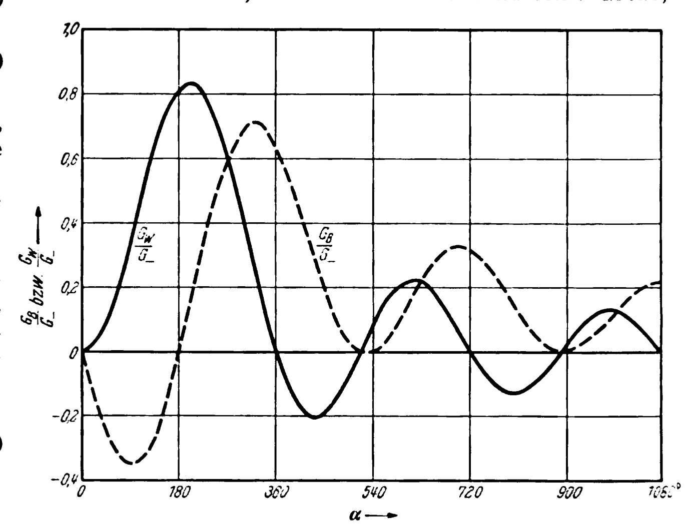


Abb. 4. Verhältnisse von Hochfrequenzwirkleitwert G_W und Hochfrequenzblindleitwert G_B zum Gleichstromleitwert G_- in Abhängigkeit vom Laufzeitwinkel α.

bei Anschalten eines Schwingungskreises wirkt er verstimmend; jede Veränderung von G_B bedingt deshalb auch eine Frequenzänderung. — Beispiel: $\alpha = 435°$, $U_a = 100$ V, Kathodensättigungsstrom $I_a = 50$ mA, $G_- = 0{,}5$ mS, Wirkleitwert $G_W = 0{,}2 \cdot 0{,}5 = 0{,}1$ mS, zugehöriger Wirkwiderstand $R_W = 10$ kΩ, Blindleitwert $G_B = 0{,}27 \cdot 0{,}5 = 0{,}135$ mS, äquivalente Selbstinduktion $L = 0{,}086\,\mu$H bei $f = 2500$ MHz; Schwingkreise mit einem Resonanzwiderstand von mehr als 10 kΩ können von der Röhre also zu Schwingungen angefacht werden.

Zusammenfassung.

Die Stromverdrängung ist gekennzeichnet durch die Größe der Eindringtiefe, die vom verwendeten Werkstoff und vom Reziprokwert der Wurzel aus der Frequenz abhängt. Die nichtstationäre Stromverteilung auf einer Doppelleitung wird bestimmt durch den Wellenwiderstand und die Dämpfung der Leitung. Daraus läßt sich das Verhalten der Leitung als Resonanzkreis von hohem Widerstand oder hoher Selektivität, als Blindwiderstand und als Strom- oder Spannungstransformator bestimmen. Das Verhalten einer Elektronenströmung bei sehr hohen Frequenzen ist bestimmt durch den Laufzeitwinkel; je nach seiner Größe kann die Elektronenströmung dämpfend oder anfachend wirken, wobei sie außerdem einen Blindwiderstand von wechselnder Größe aufweist.

Aus dem Schrifttum.

1. H. Kaden, Über den Verlustwiderstand von Hochfrequenzleitern, Arch. Elektrotechn. 28 (1934) S. 818.
2. O. Schmidt, Das Paralleldrahtsystem als Meßinstrument in der Kurzwellentechnik, Hochfrequenztechn. 41 (1933) S. 2.
3. F. E. Terman, Resonant lines in radio circuits, Electr. Engng. 53 (1934) S. 1046.
4. H. Rindfleisch, Kurzwellen-Frequenzmessung mit Resonanzleitungen, Arch. techn. Messen V 3614—2 (1936).
5. C. J. Bakker u. G. de Vries, Amplification of small alternating tensions by an inductive action of the electrons in a radio valve with negative anode, Physica, Haag 1 (1934) S. 1045.
6. C. J. Bakker u. G. de Vries, On vacuum tube electronics, Physica, Haag 2 (1935) S. 683.
7. W. E. Benham, Some general relations of vacuum tube electronics, Wireless Engr. 13 (1936) S. 406.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.316.993.015.34

Stoßspannungswiderstand von Masterdungen. [Nach H. Norinder u. R. Nordell, Tekn. T. (Elektroteknik) 69 (1939) S. 17; 5½ S., 15 Abb.]

Die in dieser Arbeit beschriebenen Messungen bilden eine unmittelbare Ergänzung einer früheren gleichlautenden Arbeit derselben Verfasser[1]), wonach der Erdübergangswiderstand einer Masterdung von drei Einflüssen abhängt: nämlich von der Bodenbeschaffenheit, d. h. dem möglichst gleichmäßigen spezifischen Erdwiderstand; zweitens von der Gestalt der Elektroden und endlich von der Art des Stromverlaufes (ob Wechselspannung oder Stoßspannung) im Erdungswiderstand. Während in der früheren Arbeit die beiden anderen Gesichtspunkte bei gleichbleibender Elektrodenanordnung behandelt worden waren, bezieht sich die vorliegende Arbeit auf Messungen mit veränderlichen Elektroden bei konstant gehaltenen sonstigen Versuchsbedingungen.

Das Hauptergebnis dieser Messungen war, daß der Widerstand bei verschiedenen Erdern in hohem Maße von der Stromstärke abhängt. Dabei erwies sich der Widerstand bei hohen Stromstößen wesentlich geringer, als wenn der Widerstand etwa mittels Meßbrücke oder Megger gemessen wurde. So ergaben sich bei Stoßspannungsmessungen Widerstandswerte, die je nach Art der Erder um 21 bis 59% von den auf gewöhnliche Weise gemessenen Widerstandswerten abwichen.

Im einzelnen betrafen die Untersuchungen folgende Anordnungen: Gerade ausgelegte Leiter, bestehend aus Kupferband 1,5 × 25 mm von 25 bis 100 m Länge: Der Stoßspannungswiderstand sank auf 50 bis 60 % des Wechselstromwiderstandes. Entsprechende Kupferleitung von 30 mm²: Erniedrigung auf 41 %. Sternförmig (nach 4 Richtungen) ausgelegter Banderder aus Kupferband 1,5 × 25 mm: Widerstandserniedrigung auf 68 %. — Plattenerder, Kupfer 75 × 75 cm von 1 mm Stärke, und zwar bei waagerechter Anordnung und 20 cm Tiefe: Widerstandserniedrigung auf 55 %; bei 120 cm Tiefe: auf 76 % und bei senkrechter Anordnung auf 77 %. Endlich wurden noch senkrechte Rohrerder verschiedenen Durchmessers von 35 bis 60 mm sowie ein Rohrerder von 48 mm Dmr. bei verschiedener Tiefe untersucht, wobei der Stoßspannungswiderstand auf 70 bis 76 % des Wechselstromwiderstandes absank.

Indem man die auf Grund dieser Messungen an betriebsmäßig verlegten Erdern verschiedenster Form erhaltenen Meßergebnisse mit den in der früheren Arbeit gewonnenen Erkenntnissen vereinigt, ist es möglich, den Stoßspannungswiderstand einer beliebigen Erdung für die verschiedensten Betriebsbedingungen mit ziemlicher Genauigkeit im voraus zu berechnen. *W. W.*

DK 621.316.31

Das Baustein-Schaltbild, ein neues Hilfsmittel für die Betriebsüberwachung. [Nach Fr. Zeidler, AEG-Mitt. (1939) H. 5, S. 257; 3 S., 5 Abb.]

Einrichtungen zur Überwachung des Schaltzustandes einer elektrischen Anlage sind seit über 30 Jahren bekannt. Die älteste ist das Blindschaltbild, das bereits im Jahre 1908 für das E. W. Amsterdam geliefert wurde. Das Leuchtschaltbild eignet sich besonders zur Darstellung ganzer Netzgebilde. Der Vorteil dieses Zustandes liegt darin, daß die unter Spannung stehenden Netzteile aufleuchten. Als drittes in industriellen Betrieben, z. B. Erzaufbereitungsanlagen, Getreidespeichern, Kohlenwäschen, Mühlen, Zement- und Zuckerfabriken usw. in der letzten Zeit sehr häufig verwendetes Zustands-Schaltbild wäre hier noch das Bandschaltbild zu erwähnen. Vorgenannte Schaltbilder haben den einen Nachteil, daß die Anpassung an Erweiterungen oder Änderungen des elektrischen Betriebes oder des Netzes umfangreichere Arbeiten am Schaltbild selbst bedingen.

Ein neues Hilfsmittel für die Betriebsüberwachung, das sogenannte Baustein-Schaltbild nach Vorschlägen von W. Klöckener (Abb. 1) vermeidet diesen Nachteil durch seinen Aufbau. Es unterscheidet sich von den bereits bekannten Schaltbildern grundlegend dadurch, daß auf eine selbsttätige Meldung von Zustandsänderungen verzichtet wird. Am ehesten ist es mit dem Notizbuch des Betriebsleiters zu vergleichen, in dem Änderungen des Betriebes vermerkt werden. Das Baustein-Schaltbild wird mosaikartig zusammengesetzt und von einem Metallrost getragen, der gleichmäßig in Quadrate von 1,5 cm Seitenlänge eingeteilt ist. In den Rost werden die aus Kunststoff gefertigten Bausteine eingesetzt. Die Bausteine tragen teilweise farbige Sinnbilder mit Darstellungen

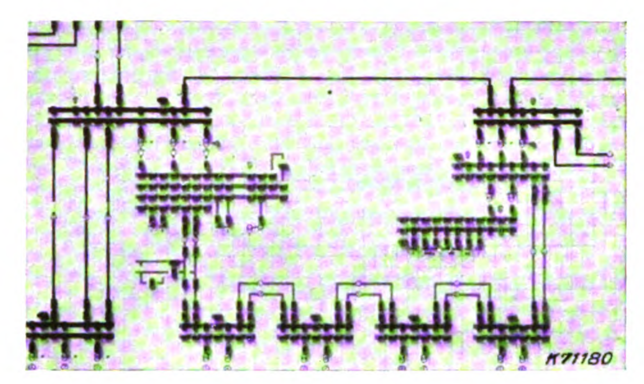


Abb. 1. Teilansicht des Baustein-Schaltbildes.

von Stromerzeugern, Umspannern, Leitungen, Leistungs- und Trennschaltern, teils sind es weiße Leersteine zur Schaffung des Bildgrundes (Abb. 2). Die Sinnbilder für die Schalter sind mit einem drehbaren Griff versehen, damit die Schalterstellung im Schaltbild mit dem tatsächlichen Betriebszustand von Hand aus abgestimmt werden kann. Das Angleichen an veränderte Betriebsverhältnisse ist leicht und rasch durch die Auswechselung entsprechender Bausteine möglich.

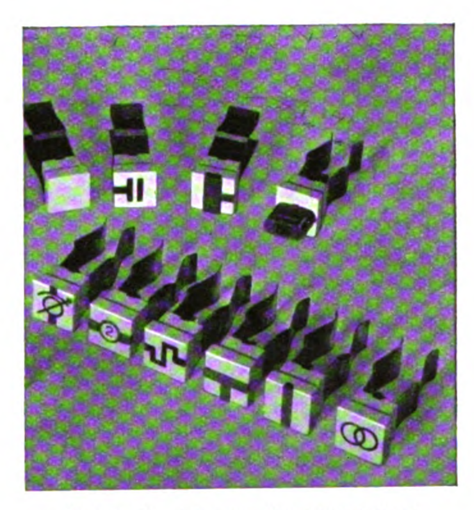


Abb. 2. Bausteine zum Baustein-Schaltbild.

Das Baustein-Schaltbild findet ein vielseitiges Anwendungsgebiet. Im Büro des Betriebsleiters kann es zur Vormerkung dienen von In- und Außerbetriebnahmen von Stromkreisen, der Kupplung oder Trennung von Sammelschienen bzw. dem Wechsel der Sammelschienensysteme. Mit ein paar Griffen am Schaltbild werden diese Änderungen sinnbildlich festgehalten. Das Baustein-Schaltbild wird dem Betriebsleiter die Einteilung bei Überholungs- und Reinigungsarbeiten erleichtern. In der Schaltwarte des Kraftwerkes ist es neben dem Blind- oder Leuchtschaltbild, welche die Stromkreise innerhalb der Anlage darstellen, als Netzbild eine wirksame Ergänzung vorgenannter Einrichtungen für die Betriebsüberwachung der Gesamtanlage. In der Netzwarte kann das verhältnismäßig billige Baustein-Schaltbild als Ersatz für ein Leuchtschaltbild dann in Frage

[1]) Tekn. T. 67 (1937), Elektroteknik, S. 7.

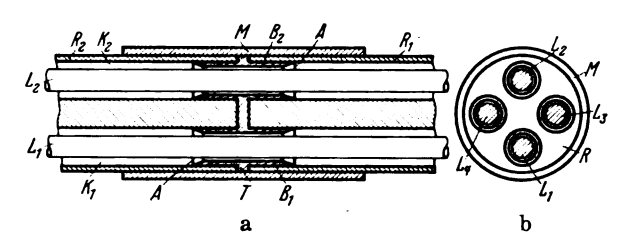
Digitized by Google

kommen, wenn das letztgenannte, aus preislichen Gründen entfallen muß. Der Betriebsleiter kann den Schaltwärtern an dem Baustein-Schaltbild die Befehle für geplante Änderungen des Schaltzustandes einer Anlage erklären. Wenn die Änderung ganzer Netzteile geplant ist, kann man den alten und den neuen Zustand im Baustein-Schaltbild herstellen, im Lichtbild festhalten und Abzüge dieser Lichtbilder den beteiligten Schalt- und Netzwärtern als Befehlsbehelf einhändigen. *eb.*

DK 621.315.67

Neuartiges Installationssystem mit Preßstoffrohren.

Mit dem sog. „Wandelrohrsystem" ist ein Installationssystem geschaffen worden, bei dem in mehrkanäligen Kunstharz-Preßstoffrohren blanke Aluminiumleiter verlegt werden. Das Hauptmerkmal dieser neuen Leitungsart besteht darin, daß durch die konstruktive Ausbildung der Einzelteile der Isolierrohrleitung die Möglichkeit gegeben ist, die blanken Leitungsdrähte nachträglich, selbst auf größere Längen ohne Hilfsmittel einzuschieben und auch jederzeit wieder auszuwechseln. Abb. 3a zeigt den Aufbau der Verbindung der



R_1, R_2	Rohre aus Preßstoff	K_1, K_2	Isolierkanale für die blanken Stromleiter
T	Doppeltülle	L_{1-4}	elektr. blanke Stromleiter
M	Muffe	A	konischer Anlauf
B_1, B_2	rohrförmige Überbrückung		

Abb. 3a u. b. Rohrverbindung des Wandelrohrsystems.

einzelnen Preßstoffrohre. Die Enden zweier Rohre R_1 und R_2, die beispielsweise für Vierleitersysteme die in Abb. 3b dargestellte Querschnittsausbildung besitzen, werden unter Verwendung einer Doppeltülle T und einer Muffe M aneinandergefügt. Diese Verbindungsteile bestehen ebenfalls aus Kunstharzpreßstoff. Während die äußere, durch Aufkleben mit den Rohrenden verbundene Muffe M nur eine mechanische Versteifung des Rohrstoßes bewirkt, ist durch die geeignete Ausbildung der Doppeltülle, vor allem durch die rohrförmigen Überbrückungen B_1, B_2 usw., eine isolationstechnisch einwandfreie Verbindung der einzelnen Isolierkanäle K_1, K_2 usw. gegeben, die ausreichend große, in beliebigen Grenzen durch die Länge der Tüllen wählbare Kriechstrecken der einzelnen Leiter L_1, L_2 usw. gegeneinander gewährleistet. Durch den konischen Anlauf A der tüllenartigen Überbrückungen ist das nachträgliche Einschieben der Aluminiumdrähte oder Seile ermöglicht.

Die Rohre des neuen Leitungssystemes werden als gerade Rohrstücke in normalen Längen von 3, 4 und 5 m und als Bogenstücke angefertigt. Die Querschnittsgrößen umfassen den gesamten Bereich von 4×6 mm² bis 4×95 mm², doch ist man bestrebt, für Querschnitte von etwa 50 mm² ab aufwärts aus Wirtschaftlichkeitsgründen an Stelle von Kunstharz-Preßstoffrohren solche aus Hartporzellan zu verwenden. Zur Zeit sind auch noch kleinere Querschnitte als 4×6 mm², und zwar bis $4 \times 2{,}5$ mm² in Vorbereitung. Auch Querschnitte mit größerer oder kleinerer Anzahl von Kanälen werden für Sonderzwecke hergestellt, ebenso ist Sonderzubehör entwickelt worden.

Das neue Leitungssystem eignet sich sowohl zur Verlegung auf Putz, als auch unter Putz für Niederspannungsverteilungen bis zu Betriebsspannungen von 1000 V. In den letzten zwei Jahren wurden mehr als 26 000 m Leitungen nach dem System in den Querschnitten 2×6 mm² bis 4×70 mm² besonders in Behördenbauten und zwar vielfach in den für die Fernheizleitungen bestimmten Heizkanälen verlegt; die Erfahrungen sind zufriedenstellend. Anfängliche Schwierigkeiten in der einwandfreien Herstellung der größeren Querschnitte der mehrkanäligen Preßstoffrohre sind heute überwunden. Die Neuerung macht es möglich, Installationen restlos mit deutschen Werkstoffen durchzuführen. *Rowa.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.313.047.2

Verminderung der Stromwendespannung bei Kommutatormaschinen durch die Wirbelströme in massiven Ankerleitern. [Nach R. Stix, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 171; 7 S., 9 Abb.]

Die Stromwendespannung in der durch die Bürsten kurzgeschlossenen Windung ist die Summe aller Einzelspannungen, die durch die Stromänderung jedes einzelnen Leiters, der mit der betrachteten Windung in den gleichen Ankernuten liegt, induziert werden. Der Aufsatz behandelt zunächst die Gesetzmäßigkeiten, nach denen die Wirbelströme in den massiven Ankerleitern der Wicklung bei geradliniger Stromwendung eines einzelnen Leiters entstehen und zwar sowohl im induzierenden Leiter selbst, als auch in den anderen in der gleichen Nut befindlichen Ankerstäben. Nach Ermittlung der Größe und des zeitlichen Verlaufes der Wirbelströme wird das Nutenquerfeld berechnet und daraus die Spannung bestimmt, die bei Stromänderung eines Leiters in demselben, sowie in den anderen Leitern, die in der gleichen Ankernut liegen, induziert wird, soweit das Nutenstreufeld in Frage kommt.

Es wird nachgewiesen, daß der ursprünglich rechteckige Verlauf jeder Teilstromwendespannung derart verändert wird, daß zu Beginn der Stromwendung dieselbe mit einem verminderten Wert einsetzt, im Verlauf der Stromwendung ansteigt und sich dem Wert, der ohne Berücksichtigung der Wirbelströme gelten würde, nach einer Exponentialkurve nähert. Nach Beendigung der Stromwendung verschwinden die Wirbelströme nicht sofort, sondern klingen allmählich ab, dementsprechend bleibt nach Beendigung der Stromwendung ein Restbetrag der Stromwendespannung bestehen, der erst nach und nach verschwindet. Das im Aufsatz angegebene Verfahren den Verlauf der Stromwendespannung teils rechnerisch, teils zeichnerisch zu ermitteln, kann auch angewendet werden, wenn z. B. die Annahme geradliniger Stromwendung unzweckmäßig ist und mit anderen Stromübergangskurven gerechnet werden muß. In solchen Fällen ist diese aus einzelnen geradlinigen Stücken passend zusammenzusetzen (abschnittsweise geradlinige Stromwendung), für jedes Teilstück ist die Korrektur der Stromwendespannung in der angegebenen Weise vorzunehmen. Die gesamte Stromwendespannung einer Windung ist als Summe aller Einzelspannungen ebenfalls zeichnerisch zu ermitteln.

Anschließend wird der Einfluß der Wirbelströme auf die Stromwendespannung bei einem ausgeführten 500 kW Einphasen-Reihenschlußmotor mit 14 mm hohen Massivstäben untersucht. Diese Type hat bei der genannten Leistung eine gesamte Stromwendespannung von rd. 8 V und durch das Nutenstreufeld allein von rd. 5 V. Durch den Einfluß der Wirbelströme wird zu Beginn der Stromwendung jeder Windung die Stromwendespannung um rd. 0,8 V ermäßigt, zu Ende der Stromwendung ist die Verminderung geringer und zum Teil vernachlässigbar. Vergleichskurven über den Verlauf der Stromwendespannung mit und ohne Berücksichtigung der Wirbelströme werden für die einzelnen Windungen der Ankerwicklung im Aufsatz gebracht.

DK 621.313.323-51 : 621.512

Dämpfung und Schwungmoment von Synchronmotoren zum Antrieb von Kolbenmaschinen. [Nach H. Linse, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 225; 8½ S., 12 Abb.]

Beim Antrieb von Arbeitsmaschinen mit pulsierendem Moment durch Synchronmotoren treten bekanntlich Stromschwankungen auf, die bei großem Lastanteil dieser Motoren starke Netzstörungen hervorrufen hönnen. Es ist schon längst bekannt, daß durch geeignete Wahl der Schwungmassen und der Dämpfung der Synchronmaschine diese Stromschwankungen verkleinert werden können. Die hierfür bekannten Rechenverfahren sind aber sehr umständlich und vor allen Dingen wenig anschaulich. — Durch Vergleich der Momentengleichung der Synchronmaschine mit der Spannungsgleichung eines elektrischen Schwingungskreises mit R, L, C in Reihenschaltung ist es möglich, die Verhältnisse auf einfache Weise zu überblicken, da der Spannung am Widerstand das Dämpfungsmoment, der Spannung an der Spule das Schwungmoment und der Spannung am Kondensator das synchronisierende Moment der Synchronmaschine entspricht. Es wird gezeigt, wie sich der Verstärkungsfaktor, der Ungleichförmigkeitsgrad und der Pendelwinkel (alle diese Größen sind in bekannten oder leicht zu ermittelnden Maschinenkonstanten ausgedrückt) aus dem Vektorbild der Er-

Digitized by Google

satzschaltung entnehmen lassen. In einer Tafel sind die Mittel angegeben, die zur Verbesserung dieser Werte anzuwenden sind.

Für die experimentellen Untersuchungen wurde in einer besonders hierfür entwickelten Schaltung (Abb. 4) das pulsierende Moment der Arbeitsmaschine nachgebildet, indem einem Gleichstromgenerator, der von einem Synchronmotor angetrieben war, eine sinusförmige Wechselspannung von einstellbarer Größe (mit Hilfe der Widerstände im Erregerkreis des Niederfrequenzgenerators) und Frequenz (durch Verdrehen der

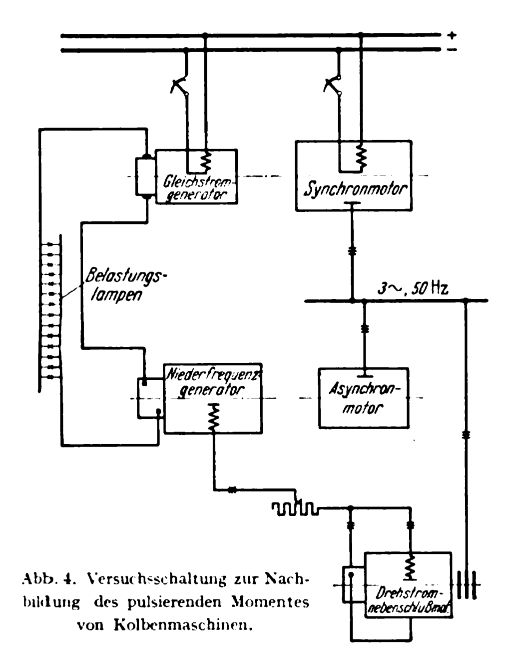


Abb. 4. Versuchsschaltung zur Nachbildung des pulsierenden Momentes von Kolbenmaschinen.

Bürsten des Drehstrom-Nebenschlußmotors) aufgedrückt wurde. Durch diese Versuchsschaltung ist es also möglich, die bis jetzt nur errechneten Resonanzkurven, von denen im praktischen Betrieb immer nur ein Punkt nachgeprüft werden kann, über ihren ganzen Bereich experimentell aufzunehmen. So kann der Einfluß jeder aus der Zerlegung der Momentenkurve der Arbeitsmaschine in Grund- und Oberschwingungen erhaltenen Teilschwingung für sich leicht erfaßt werden. Durch Summation der Einflüsse aller Störungsmomente wird dann die resultierende Stromschwankung ermittelt.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.5.014.1

Ermittlung der Kreisströme für die Kreuzschaltung zweier Stromrichter auf graphischem Wege. [Nach W. Meessen, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 693; 4 S., 8 Abb.]

Bei der Kreuzschaltung zweier Stromrichter ist eine einfache und schnelle Ermittlung des Verlaufs und der Größe des Kreisstromes in Abhängigkeit von dem Aussteuerungsgrad des Gleich- und Wechselrichters von besonderem Interesse. Die rein rechnerische Behandlung dieser Aufgabe führt zu einem erheblichen Aufwand[1]), der besonders bei Vergleichsrechnungen nicht tragbar erscheint. In der vorliegenden Arbeit wird eine rein graphische Ermittlung der Kreisspannung aus der Gleichrichter- und Wechselrichterspannungskurve für den jeweiligen Aussteuerungsgrad zugrunde gelegt. Da die Frequenz der Kreisspannung festliegt und der Kurvenverlauf aus Geraden besteht, ist diese Ermittlung sehr einfach und hinsichtlich der Genauigkeit durchaus zulässig. Die graphische Integration der so gewonnenen Kurve der Kreisspannung liefert unmittelbar den Kurvenverlauf und Effektivwert des Kreisstromes, wenn die Induktivität des Gesamtkreises bekannt ist. Da die Induktivität der Transformatorwicklungen im allgemeinen gegenüber der der Glättungsdrosseln vernachlässigt werden kann, genügt zumindest für angenäherte Berechnungen die Einführung der Induktivität der Glättungsdrosseln, die als bekannt vorausgesetzt werden darf.

Die graphische Ermittlung des Kreisstromes wird für symmetrische Aussteuerung $a_g + a_w = 180°$ und unsymmetrische Aussteuerung $a_g + a_w \lesseqgtr 180°$ durchgeführt, unter Annahme einer vollkommenen Glättung und Vernachlässigung des Lichtbogenabfalles und der ohmschen Widerstände im Stromkreis.

Wenn auf die Ermittlung des Kurvenverlaufes des Kreisstromes verzichtet werden kann und nur der Effektivwert des Kreisstromes interessiert, läßt sich die graphische Integration der Kreisspannungskurve durch eine Rechnung ersetzen, die im Fall der symmetrischen Aussteuerung besonders einfach ist. Hierbei muß also wiederum die zeichnerische Ermittlung der Kreisspannung vorliegen und die Induktivität des Stromkreises bekannt sein. Auf diese Weise ergibt sich der Effektivwert des Kreisstromes für jedes Aussteuerungsverhältnis $a_g + a_w$ des Gleich- und Wechselrichters, und damit lassen sich beliebige Kurvenscharen für den Kreisstrom in Abhängigkeit von a_g und a_w aufstellen.

Die auf Veranlassung von Herrn Prof. Leonhard durchgeführten Untersuchungen wurden im Elektrotechnischen Institut der T. H. Stuttgart an einer anscheinend kleinen 3phasigen Versuchsanlage nachgeprüft. Wie der Vergleich der oszillographierten Stromkurve mit dem graphisch bestimmten Verlauf des Kreisstromes für verschiedene Aussteuerungsverhältnisse a_g und a_w zeigt, besteht eine gute Übereinstimmung zwischen der Rechnung und den gemessenen Werten. Durch diese Nachprüfung wurde insbesondere die Zulässigkeit der zeichnerischen Ermittlung der Kreisspannung als Grundlage für die weitere graphische Bestimmung des Kreisstromes nachgewiesen.

DK 621.314.653

„Sendytron", Type B, mit neuartiger Zündung des Quecksilberbogens. [Nach Y. Watanabe u. H. Kasahara, Electrotechn. J., Tokio 2 (1938) S. 253; 4 S., 12 Abb.]

Die an der Universität Sendai (Japan) tätigen Verfasser haben sich die Aufgabe gestellt, Verfahren der Lichtbogenzündung für die Entwicklung von Ignitrons (d. h. Entladungsröhren ohne ständige Erregung) zu untersuchen. Auf die frühere Veröffentlichung[1]) der Sendytrontype A lassen sie nun eine Beschreibung der Type B folgen. Der gewählte Name ist offenbar willkürlich aus dem Ortsnamen der Universität und dem griechischen Wort für Röhre gebildet.

Die Verfasser untersuchen eine Reihe Quecksilberdampf-Entladungsröhren für eine Nennstromstärke von 2 bis zu 30 A, in denen die Oberfläche der Hg-Kathode mit einer Schicht feinen Staubes, z. B. Silica-Pulver, bedeckt ist, und mittels einer Glühelektrode eine Hilfsentladung zwecks Ionisation des Dampfraumes über der Kathode hervorgerufen werden kann. Bei genügender positiver Spannung der Anode gegenüber der Hg-Kathode tritt zwangläufig die Zündung des Hauptlichtbogens ein, wobei die Staubschicht auf der Kathode wie ein Katalysotor zur Bildung des Kathodenflecks wirkt. [Anm. d. Ber.: Ein Sendytron B könnte definiert werden als eine Elektronik-Röhre nach F. W. Meyer kombiniert mit der sogenannten Spritzentladung[2])].

Der Vorteil des Sendytron B gegenüber A liegt in der wesentlichen Verringerung der Zündenergie, die bis zur Größenordnung der Steuerenergie einer Entladung mit ständig erregter Kathode gesenkt werden konnte. Dieser Vorteil wurde durch Steuerung eines den Nebenraum der Glühelektrode abschließenden Hilfsgitters erreicht, das die Glühelektronen entweder sperrt oder mit einer Stromstärke von 10^{-6} A in den Hauptentladungsraum eintreten läßt. Dazu reicht eine Potentialdifferenz des Gitters von nur 2 V aus, so daß eine unmittelbare Steuerung mittels Photozelle möglich erscheint. Der Zündvorgang wird von der Temperatur und besonders von der Bemessung und Gleichmäßigkeit der Staubschicht beeinflußt. Die Verfasser beabsichtigen noch zu untersuchen, ob eine Verringerung des Zündverzuges auf etwa 50 µs möglich ist und ob die Anwesenheit des Staubes nicht die Rückzündungsgefahr erhöht. Eine für stroboskopische Zwecke geeignete Röhre ist unter der Bezeichnung „Sendytron Type C" in Vorbereitung.

v. I.

DK 621.314.5.015.1

Über die Zusammenhänge zwischen den Kurvenformen der Primär- und der Sekundärspannung beim Stromrichter ohne Energiespeicher. [Nach K. Strobl, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 201; 11 S.]

Jeder Schalter und jedes als Schalter benützte Ventil hat den Zweck, den Stromfluß entweder völlig zu sperren oder

[1]) W. Fouquet, Berechnung der Kreisströme für die Kreuzschaltung zweier Stromrichter. Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 324.

[1]) ETZ 60 (1939) H. 14. S. 428.
[2]) H. Fricke, Z. Phys. 92 (1934) S. 728.

Digitized by Google

verlustlos freizugeben. Die Primärspannung wird also in diesem idealen Fall entweder abgeriegelt oder in voller Größe auf die Sekundärseite übertragen, die Sekundärspannung kann demnach als Produkt der Primärspannung mit der „Durchlässigkeit" des Schalters, die je nach seiner Stellung den Wert Null oder Eins hat, aufgefaßt werden. Der Begriff der „Durchlässigkeit" d wird zunächst an Beispielen näher erläutert und erweitert. Wenn zwischen Primär- und Sekundärspannung ein Stufentransformator geschaltet wird, kann d jeden Wert zwischen $+1$ und -1 annehmen und bei periodischer Betätigung des Stufenschalters oder der an die Spannungsstufen angeschlossenen Ventilstrecken wird d eine periodische Funktion, die sich als Fouriersche Reihe darstellen läßt. Die Sekundärspannung ist dann gegeben durch das Produkt der Primärspannung mit dieser die „Durchlässigkeit" d darstellenden Fourierschen Reihe, erscheint also selbst zerlegt in ihre harmonischen Komponenten.

Zwei Stufentransformatoren, primär an ein Zweiphasensystem angeschlossen, sekundär in Reihe geschaltet und mit periodisch bewegten Stufenschaltern ausgestattet, ermöglichen eine Umformung der Primärfrequenz p in die Sekundärfrequenz s, wenn jede der beiden Durchlässigkeitsfunktionen ein Glied mit der Frequenz $p - s$ oder eines mit der Frequenz $p + s$ enthält. Die Wellenform der Ströme kann mit Hilfe der Durchlässigkeitsfunktion auf dieselbe einfache Weise bestimmt werden, wie die der Spannungen, damit sind auch die Augenblickswerte der Leistungen gegeben. Es zeigt sich, daß die Leistung der Sekundärseite in jedem Augenblick gleich der Summe der Leistungen der beiden Primärphasen ist und daß die Scheinleistungen im Verhältnis $1 : \sqrt{2}$ und die Blindleistungen im Verhältnis $\sin\varphi : \sqrt{1 + \sin^2\varphi}$ stehen. (φ : sekundärer Phasenwinkel). Bei geringer Zahl der Spannungsstufen der Transformatoren besitzen die beiden Durchlässigkeitsfunktionen ausgeprägte Sprünge, sie enthalten dann Oberwellen, die sich in der Sekundärspannung in der Weise widerspiegeln, daß die Sekundärspannungskurve dadurch den Charakter der Spannungskurve eines Steuerumrichters erhält, wobei die Ordnungszahl der niedersten Oberwelle in der Sekundärspannung bei übersynchroner Umrichtung, wenn also die Grundwelle der Durchlässigkeiten die Frequenz $p + s$ hat, höher ist als bei untersynchroner Umrichtung, wobei die Grundwelle der Durchlässigkeiten die Frequenz $p - s$ hat. In beiden Fällen ist asynchroner Betrieb durch Verschieben der Durchlässigkeiten möglich. Die Untersuchung der Spannungskurve eines Hüllkurvenumrichters zeigt, daß es zum Wesen eines solchen Umrichters gehört, daß jede der beiden Durchlässigkeiten aus einer übersynchronen und einer untersynchronen Komponente zusammengesetzt ist. Überdies treten aber noch viele Oberwellen auf und machen den asynchronen Betrieb des Hüllkurvenumrichters unmöglich, denn dabei müßte jede dieser Komponenten der Durchlässigkeiten um ihren individuellen Winkel verschoben werden. Eine Annäherung an die Kurvenform des Hüllkurvenumrichters ist aber schon dann feststellbar, wenn nur die unter- und die übersynchrone Grundwelle der Durchlässigkeiten benutzt werden, deren Verschiebung zum Zweck asynchronen Betriebes noch mit tragbarem Aufwand möglich ist. Wenn der Umrichter mit gesteuerten Entladungsstrecken arbeitet, wird zweckmäßig für alle vorkommenden Kommutierungen eine Zwangskommutierung vorgesehen. Die besprochenen Ergebnisse sind unabhängig von der besonderen Schaltung der Transformatorwicklungen und nur durch den Verlauf der Durchlässigkeiten bestimmt. Diese erweisen sich also als brauchbares Mittel, um über die allen Umrichtern gemeinsamen Eigenschaften einen Überblick zu bekommen und sie ermöglichen, eine Umrichterbauart anzugeben, die eine Mittelstellung zwischen Steuer- und Hüllkurvenumrichter einnimmt und die somit auf der im ersten Teil der Arbeit[1]) festgestellten Linie der Entwicklung zu liegen scheint.

Elektrowärme.

DK 621.365.453 : 644.62

Elektrische Heißwasserversorgung im Haushalt. [Nach J. I. Bernard, Electrician 122 (1939) S. 34; 2½ S. 5 Abb.]

Ende 1937 waren in England 330 000 Heißwasserspeicher vorhanden, wobei folgende Aufteilung auf die Gerätearten von Interesse ist:

150 000 Einbau-Heizkörper für Zentralversorgungs-Anlagen oder Durchlauferhitzer,
130 000 Heißwasserspeicher bis 25 l Inhalt,
80 000 Heißwasserspeicher von mehr als 25 l Inhalt.

Beachtenswert ist ferner eine Untersuchung über die Höhe des Heißwasserbedarfs vom Einkommen. Es werden folgende Zahlen angegeben:

Jahreseinkommen RM	Heißwasserbedarf 66° C
6000,— und mehr	270 l
3000,— bis 6000,—	100 l
unter 3000,—	30 l

Dann wird eingehend die Sättigung der Haushaltungen mit Heißwassergeräten erörtert und es werden folgende Zahlen angegeben:

auf 100 Haushaltungen entfallen:

in der Schweiz	17,5 Heißwassergeräte
in Holland	4,5 „
in Canada	12,2 „
in V. S. Amerika	4 „
England	5 „

Weiter sind die in England üblichen Heißwassergeräte beschrieben, wobei vor allem die elektrischen Heizkörper in Zentralheißwasser-Anlagen erörtert werden, wozu meist ein Heißwasser-Hochbehälter vorgesehen wird. Schließlich enthält der Aufsatz noch Angaben über die Belastungsverhältnisse durch Heißwassergeräte, wobei vor allem auf die Erfahrungen in Basel hingewiesen wird. *Mö.*

DK 621.367 : 621.791.75 : 669.14

Sonderaufgaben der Lichtbogenschweißtechnik mit besonderer Berücksichtigung der Schweißung hochlegierter Stähle und Nichteisenmetalle. [Nach F. Womaczka, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 178 u. 213; 17 S., 24 Abb.]

Die Arbeit versucht die bisherigen Erfahrungen auf dem Gebiete der Lichtbogenschweißung zusammenzufassen, soweit sie sich auf Werkstoffe beziehen, die aus dem Rahmen des Alltäglichen herausfallen. Dünne Bleche normaler Zusammensetzung können nicht nur mit dem Kohlelichtbogen, sondern, seit entsprechende Elektroden entwickelt worden sind, auch mit dem Metallichtbogen verschweißt werden. Die kleinste Blechstärke wird mit 0,5 mm und weniger angegeben. Bei der Starkblechschweißung machen Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt als etwa 0,35% infolge Rißbildung bei gewöhnlichen Arbeitsverfahren Schwierigkeiten. Besonders durchgebildete Schweißverfahren mit schwach legierten Elektroden, Seelenelektroden und austenitischen Elektroden, die je nach den vorliegenden Verhältnissen, insbesondere im Hinblick auf auftretende mechanische und chemische Beanspruchungen, auszuwählen sind, ermöglichen jedoch einwandfreie Schweißungen von Stählen bis etwa 0,6% Kohlenstoffgehalt; insbesondere die austenitischen Elektroden konnten sich auf diesem Gebiet ein weites Feld erobern. Die meisten im Handel erhältlichen hochlegierten Stähle sind schweißbar. Bei diesen Stahlsorten ist besonders zu beachten, daß die zum Grundwerkstoff passende Elektrode verwendet wird, um die geforderten Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Beanspruchbarkeit in thermischer Hinsicht auch für das Schweißgut sicherzustellen. Die wichtigsten hochlegierten Stähle und die Art ihrer Verschweißung werden angegeben. Mit Ausnahme von Auftragschweißungen auf Manganhartstahl, die auch mit blanken Elektroden durchgeführt werden können, werden für hochlegierte Stähle ausschließlich dick ummantelte Elektroden verwendet. Für die Schweißung des Aluminiums und seiner Legierungen wurde eine Reihe ummantelter Elektroden entwickelt, die sich durch ihren Anwendungsbereich und ihren Preis unterscheiden. Im Handel sind wohlfeile Elektroden für kleine Ausbesserungsarbeiten erhältlich, aber auch hochwertige Elektroden, die allen Ansprüchen genügen. Nach Entwicklung geeigneter und unterschiedlicher Flußmittel konnten Elektroden für fast alle Aluminiumlegierungen hergestellt werden. Die Festigkeitseigenschaften der Schweißverbindungen entsprechen denen des unvergüteten Grundwerkstoffes, können aber, je nach Legierung, durch Wärmebehandlung oder Kaltverformung verbessert werden. Kupfer ist wegen seiner hohen Wärmeleitfähigkeit und seiner Neigung zur Wasserstoffkrankheit schwer verschweißbar. Mit blanken Bronze-Elektroden können kleine Reparaturen durch-

[1]) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 39.

Digitized by Google

geführt werden. Die Bronzen sind leicht, die Messinglegierungen, wegen der Neigung des Zinkes zum Ausdampfen, sehr schwer verschweißbar. Die von Lessel entwickelte Schlauchelektrode mit 4 Umhüllungen ermöglicht auch große Schweißarbeiten an reinem Kupfer; die Ergebnisse sind auch ohne Nacharbeit günstig. Es wurden auch umhüllte Elektroden entwickelt, die die Kupferschweißung mit Wechselstrom gestatten. Für die beschriebenen Sonderaufgaben verwendet man zweckmäßig den Metall-Lichtbogen, während der Kohlelichtbogen in der Regel nur untergeordnete Bedeutung besitzt. Im Vergleich mit der Gasschmelzschweißung ist die Elektroschweißung in der Regel im Vorteil, und zwar bei der Dünnblechschweißung durch rascheren Arbeitsfortschritt, bei der Schweißung hochgekohlter Stähle durch bessere Festigkeitseigenschaften, bei der Verarbeitung von hochlegierten Stählen durch Vermeidung unerwünschter Aufkohlungen und durch geringere Verwerfungen, bei den Nichteisenmetallen durch größere Arbeitsgeschwindigkeit und bei der Kupferschweißung mit der Schlauchelektrode überdies durch weitgehende Vermeidung von Wärmespannungen. Zur Durchführung dieser Sonderaufgaben verwendet man am besten eine Gleichstromschweißmaschine mit besten dynamischen Eigenschaften.

Verkehrstechnik.

DK 621.335.43 : 629.113.62 (494)

Der Trolleybus der Stadt Winterthur. [Nach W. Werdenberg, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 150; 9½ S., 24 Abb.]

Ende 1938 führte die Stadt Winterthur an Stelle der veralteten Straßenbahn den Betrieb mit 3 Obussen auf etwa 3,1 km doppelpaariger Fahrleitung (Querschnitt 107 mm^2Cu) ein. Anlaß hierzu waren die Veraltung der Straßenbahnanlage, die Wirtschaftlichkeit des Obus-Betriebes, die Möglichkeit der Weiterverwendung einheimischer Energie, die mögliche große Reisegeschwindigkeit usw.

Die Fahrleitung ist nach einem schweizerischen System freibeweglich gebaut. Der Fahrdraht ist auch in geraden Straßenzügen in Zickzack aufgehängt, um den Durchhang bei Temperaturänderungen auch bei Mastabständen von annähernd 30 bis 35 m konstant zu halten. (Zweck: Verminderung der Mastzahl, Vergrößerung des Mastabstandes auf den Abstand der Straßenbeleuchtung — der gleiche Zweck kann auch mit Hilfe der in Deutschland bekannten horizontalen Kettenaufhängung erreicht werden. Der Ber.) Bei dieser Aufhängungsart soll auch bei Abweichung von Fahrleitungsmitte bis zu 4 m mit 40 km/h gefahren werden können. Kohlegleitstücke der Stromabnehmer sollen selbst bei zeitweisem Rauhreif und Regenwetter bis zu 3000 km halten. Der Fahrdraht ist durch eine Parallelaufhängung gegen Verkanten geschützt. Der Isolator befindet sich 35 cm über dem Fahrdraht, um ein Zerschlagen durch entgleisende Stromabnehmer zu verhindern. In scharfen Kurven werden an Stelle des Fahrdrahtes zusammenhängende Rohrstücke benutzt, um die Querabspannungen in ihrem Umfang zu verhindern.

Die Zweiachs-Eindeck-Obusse für 60 Personen fahren bei 220 m mittlerem Haltabstand mit einer Reisegeschwindigkeit von 20 km/h. Die Höchstgeschwindigkeit in der Ebene beträgt 45 km/h, die größte Anfahrbeschleunigung 1,9 m/s^2. Die 1450 kg schwere, einmotorige Steuerung für Fahren und elektrisches Bremsen (ohne Stromrückgewinnung) besteht aus einem vielstufigen, fußbetätigten Nockenfahrschalter und einem Hauptstromunterbrecher. Die Rückdrehung des Fahrschalters erfolgt elektropneumatisch. Der Antrieb geschieht durch einen Gleichstrom-Reihenschlußmotor mit einer Stundenleistung von 64 kW bei 550 V, 1660 U/min. Von den beiden Bremshebeln ist der eine für elektrisches Bremsen mit anschließender Druckluftbremse (Betriebsbremse), der andere nur für Druckluftbremsung (Schnellbremse) vorgesehen. Zur Begrenzung des Bremsdrehmomentes dient ein in den Bremskreis eingeschalteter und im Ruhezustand teilweise kurzgeschlossener Widerstand, der sich im Bedarfsfall vermittels eines Stromwächters selbsttätig in den Bremskreis voll einschaltet. Die Steuerung ist im Führerpult an der Stirnseite des Fahrzeuges untergebracht. *A. Hs.*

DK 621.337.49 : 625.335.4 : 625.42

Die Metadynesteuerung der neuen Londoner U-Bahnzüge. [Nach R. Spies, Verkehrstechn. 20 (1939) S. 196; 2½ S., 7 Abb.]

Schon vor sechs Jahren wurden in England die ersten Versuche über die Möglichkeit der „Metadyne" für Fahrzeugantrieb durchgeführt, und zwar mit einem Einzeltriebwagen. Die Ergebnisse dieses Versuches veranlaßten das Londoner Personen-Verkehrsamt, den Träger des Londoner Nahverkehrs, vor etwa zwei Jahren einen Sechswagenzug mit Metadynesteuerung auf einer U-Bahnstrecke einzusetzen. Die hierbei gesammelten Erfahrungen waren so ermutigend, daß das Verkehrsamt zunächst 58, später 73 Doppeltriebwagen mit Metadynesteuerung in Auftrag gegeben hat. Der Vorteil der Metadyne, deren grundsätzliche Arbeitsweise durch einen Bericht von Trettin[1]) bekannt ist, gerade für Zugförderungszwecke liegt darin, daß man durch die zusätzlichen Wicklungen im Ständer die Kennlinie der Metadyne leicht verändern kann. Daraus ergibt sich folgendes: Zur Erzielung hoher Anfahrbeschleunigung ohne Belästigung der Fahrgäste ist es wichtig,

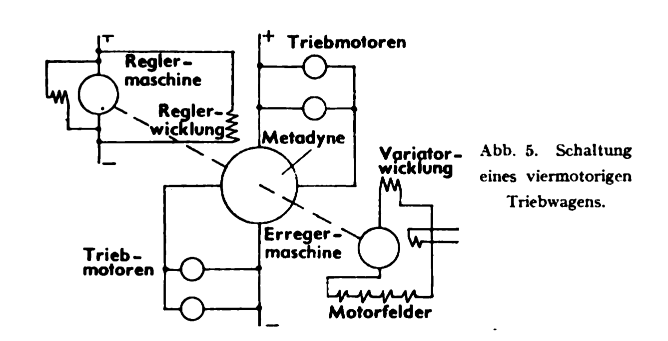


Abb. 5. Schaltung eines viermotorigen Triebwagens.

zunächst mit kleiner Beschleunigung anzufahren, diese sodann schnell auf einen Höchstwert zu steigern, sodann aber wieder zu senken, so daß das Abschalten des Motorstromes von den Fahrgästen nicht unangenehm empfunden wird. Ebenso soll die Nutzbremsung mit geringer Verzögerung einsetzen, die Verzögerung sodann stark erhöht und kurz vor dem Stillstand wieder abgeschwächt werden. Bei der Metadyne läßt sich dies durch Änderung ihrer „natürlichen Charakteristik" erreichen, indem durch eine Variatorwicklung im Ständer der Sekundär-(Motor-)Strom geändert wird. Die Variatorwicklung liegt in

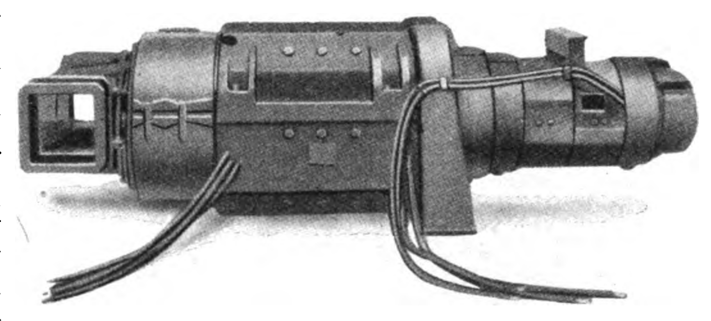


Abb. 6. Der Metadynesatz.

Reihe mit den Feldwicklungen der Triebmotoren (oder einem Teil von ihnen). Gespeist wird dieser Stromkreis von einer kleinen, mechanisch mit der Metadyne gekuppelten Erregermaschine, deren Feldwicklung mit den Bürsten der Metadyne so verbunden ist, daß die Erregermaschine die zur Speisung von Variatorwicklung und Triebmotorwicklungen gewünschte Charakteristik hat. Außer der Variatorwicklung ist im Ständer der Metadyne die Drehzahlregelwicklung oder kurz „Regelwicklung" untergebracht. Die Erregung dieser Wicklung erfolgt durch einen Hilfsgenerator, die Regelmaschine, die ihrerseits vom Netz gespeist wird. Durch die Regelwicklung wird ein beschleunigendes Drehmoment erzeugt, wenn die Maschine unter einer gewünschten Drehzahl läuft, und ein verzögerndes Drehmoment, wenn die Maschine über der gewünschten Drehzahl läuft. Die Regelwirkung dient also zur Erhaltung der Drehzahlkonstanz der Metadyne. Von den zahlreichen Schaltungsmöglichkeiten der Metadyne wurde für die Londoner Züge die „Achterschaltung" gewählt, die durch einfaches Vertauschen zweier Anschlüsse an der Metadyne den Übergang von Fahren auf Nutzbremsen ermöglicht. Die grundsätzliche Schaltung der viermotorigen Londoner Ausrüstung entspricht also Abb. 5. Die Regelmaschine ist ebenso wie die Erregermaschine mit der Metadyne zu dem Metadynesatz zusammengebaut, der unter dem Wagenboden aufgehängt ist. In Abb. 6 ist von links nach

[1]) ETZ 59 (1938) S. 396.

Digitized by Google

rechts zu sehen: der Luftansaugstutzen, die Kommutatorklappe der Metadyne, das Ständereisen der Metadyne, der Luftauslaß, die Regelmaschine und die Erregermaschine. Die Metadyne besteht aus einem Anker mit zweipoliger Wicklung, einem Kommutator mit vier Bürstenhalterarmen und einem vierpoligen Ständer. Jeder Pol trägt Variator-, Regel- und Stabilisierwindungen. Es sind ferner vier Wendepole vorgesehen, deren Wicklungen paarweise im Primär- und im Sekundärstromkreis liegen. Die Erregermaschine hat vier Pole, von denen zwei stärker als die anderen gesättigt sind. Jedes Polpaar wird von anderen Segmenten der Metadyne erregt, um die obenerwähnte Änderung der Anfahrbeschleunigung zu erreichen. Die Regelmaschine hat eine Nebenschlußwicklung und zwei Reihenschlußwicklungen. Von letzteren hat die eine mehr Windungen als die andere; sie dient zum Anlassen des Metadynesatzes. Die Metadynesteuerung hat auch schon bei einer Verschiebelokomotive der Paris-Orléans-Bahn Anwendung gefunden[1]); auch für Fahrzeuge mit verbrennungselektrischem Antrieb dürfte sie brauchbar sein[2]).

Die Auffassungen über die Eignung der Steuerung scheinen jedoch in Deutschland zum mindesten geteilt zu sein. Nachteilig ist bestimmt das zusätzliche Gewicht der Umformerausrüstung; ebenso wird man Monath[1]) beistimmen müssen, daß die Verschiebelokomotiven der P.-O.-Bahn einen Sonderfall darstellen, dessen Ergebnis nicht verallgemeinert werden darf. Immerhin wurden bisher für die verschiedensten Zwecke Metadyne von rd. 53 000 kW Gesamtleistung gebaut. *sb.*

DK 621.335.43-835

IA 1 — ein Elektrowagen. [Nach W. Rödiger, Werbeleiter (1939) S. 84; 1 S., 1 Abb.]

Schon in den neunziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts war die Zahl der Wagenbaufirmen, die Elektrofahrzeuge mit akkumulator-elektrischem Antrieb bauten,

Abb. 7. Der Elektrowagen IA 1 (Privataufnahme).

überraschend groß. Auf der Weltausstellung in Paris 1900 erregten die von Ferdinand Porsche konstruierten und von der Wiener Wagenbaufirma Jacob Lohner & Co. gebauten Elektrowagen erhebliches Aufsehen. Ein um diese Zeit von Robert Schwenke konstruierter Wagen wurde von der Firma Rudolph Hertzog, Berlin, erworben (Abb. 7). Der Antrieb erfolgte bei diesem Wagen auf die Vorderräder, die Batterie war unter dem Führersitz eingebaut. Die Geschwindigkeit wurde durch einen Fahrschalter mit drei Stufen geregelt. Zum Bremsen des Wagens waren eine Handbremse und eine elektrische Bremse vorgesehen. Die Nutzlast des Wagens, der etwa 2400 kg mit Batterie wog, betrug 800 kg, die Geschwindigkeit 12,4 bis 16,8 km in der Stunde. Mit einer Batterieladung konnten etwa 50 km zurückgelegt werden. Im Jahre 1904 wurde in Berlin durch eine Polizeiverordnung die Registrierung aller Kraftwagen verfügt. Die Berliner Kraftwagen erhielten den Kennbuchstaben A und eine fortlaufende Nummer. Der erste registrierte Wagen war der eben beschriebene elektrische Wagen von Rudolph Hertzog, der demnach die Nummer A 1 bekam. Im Jahre 1910 wurde dann durch Bundesratsverordnung die Kennzeichnung der Kraftwagen im ganzen Reich durchgeführt. Die Wagen des Berliner Standortes erhielten vor dem A eine römische Eins, so daß der Wagen von der Firma Hertzog weiterhin die Kennzeichnung IA 1 führte. *Eb.*

[1]) L. Monath, ETZ 59 (1938) S. 881.
[2]) DRP. 650 616 von Pestarini.

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.812.3

Selektiver Schwund beim Rundfunkempfang. [Nach R. Feldtkeller und A. Mayer, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 27 (1938) S. 561; 6 S., 14 Abb.]

Im Gebiet der Nahschwundzone eines Rundfunksenders, d. h. in einer Entfernung von 100 bis 300 km vom Sender, tritt starker selektiver Schwund auf, der vielfach von nichtlinearen Verzerrungen des Empfangs begleitet ist. Der Umstand, daß nichtlineare Verzerrungen beim Rundfunk nicht so häufig beobachtet werden wie bei Kurzwellen, läßt vermuten, daß beim Rundfunk der Absorptionsschwund stärker hervortritt.

Die Beobachtungen wurden am Reichssender München (740 kHz) in Stuttgart (rd. 200 km Entfernung) durchgeführt. Durch Filter wurden das obere und untere Seitenband der durch entsprechende Überlagerung auf eine Zwischenfrequenz von 15 kHz umgewandelten Sendefrequenz von 740 kHz voneinander getrennt, jedes für sich gleichgerichtet und aus dem entstandenen Niederfrequenzbändern die Frequenzen 750 bis 850 Hz durch scharfe Resonanzkreise herausgeschnitten. Die so gewonnenen Spannungen werden verstärkt und den Plattenpaaren einer Braunschen Röhre zugeführt. Mit einem Meßsender auf 740 kHz wurde die Meßanordnung dahin überprüft, daß durch ihre Übertragungseigenschaften nicht etwa Störungen des Interferenzzustandes vorgetäuscht werden konnten. Es ergab sich bei der Prüfung auf dem Schirm der Braunschen Röhre der die Amplituden- und Phasengleichheit der Seitenbänder kennzeichnende Strich unter 45° Neigung, dessen Länge der Größe der Eingangsspannung und dem Modelungsgrad proportional ist.

Eine Anzahl Abbildungen von Aufnahmen der Bilder auf der Braunschen Röhre geben einen Überblick über die im September und Oktober 1938 erzielten Untersuchungsergebnisse. Am Tage wurden nur Striche unter 45° beobachtet; es ist anzunehmen, daß nur die Bodenwelle vorhanden war. Mit Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang verformt sich der Strich zu Ellipsen, die ihre Neigung und Exzentrizität dauernd wechseln als Zeichen für die Änderung des Interferenzzustandes und des Auftretens von nichtlinearen Verzerrungen. Daneben waren aber auch nachts Zeiten festzustellen, in denen das Empfangsbild für einige Minuten dem des Tagesempfangs (Strich unter 45°) gleichkam. Dieses ist so zu erklären, daß sich dem selektiven Interferenzschwund ein nichtselektiver Absorptionsschwund überlagert, der die Raumstrahlung fast ganz zum Verschwinden bringt; der Bodenstrahl wird dann allein empfangen, und die Lautstärke sinkt auf die Tagesempfangsstärke ab. Es ergibt sich somit die eigentümliche Tatsache, daß in der Nahschwundzone ein starker, länger andauernder Absorptionsschwund das Entstehen nichtlinearer Verzerrungen durch Interferenz verhindern und dadurch die Empfangsgüte wesentlich verbessern kann.

Aus den Beobachtungen werden folgende Schlüsse gezogen:

1. Die Grenze des nahschwundfreien Gebietes verzerrungsfreien Rundfunkempfangs wird, Empfänger mit Schwundregelung vorausgesetzt, nicht durch den Absorptionsschwund und auch nicht durch die selektive Amplitudenänderung einiger schmaler Frequenzgebiete innerhalb der Seitenbänder gebildet, sondern vielmehr dadurch, daß durch die Phasen- und Amplitudenunterschiede der beiden aus der Trägerschwingung und der unteren Seitenschwingung sowie aus der Trägerschwingung und der oberen Seitenschwingung gebildeten Differenzschwingungen auch bei einwandfreier Demodulation

Digitized by Google

selektive nichtlineare Verzerrungen auftreten, die unharmonische Kombinationstöne bilden können.

2. Da diese nichtlinearen Verzerrungen nur bei hohen Modelungsgraden stören, könnte das Gebiet verzerrungsfreien Empfangs um einen Sender herum grundsätzlich durch Verringerung des Modelungsgrades erweitert werden.

3. Das Gebiet könnte ferner dadurch vergrößert werden, daß man entweder beim Empfang die Trägerschwingung selektiv mehr verstärkt als die Seitenbänder, was auf eine Verringerung des Modelungsgrades im Empfänger herauskommt, oder zur Einseitenbandsendung übergeht. *Mbs.*

DK 621.396.615

Über die Synchronisierung selbsterregter Röhrensender unter besonderer Berücksichtigung der Frequenzteilung. [Nach H. Schlicke, Dissertation T. H. Dresden, 1938.]

Die zur Frequenzteilung erforderlichen Synchronisierungsbedingungen werden theoretisch und experimentell untersucht. Für das Gebiet vollkommener Synchronisierung werden mit Hilfe von Besselfunktionen die Amplituden- und Phasenverhältnisse der interessierenden, ursprünglich selbsterregten Frequenz und der gleichgroßen Kombinationsfrequenzen und ihr Zusammenwirken mit der Schaltung dargestellt. Kontrollversuche stehen in guter Übereinstimmung mit der Theorie.

In den zu der Gesamterscheinung der Mitnahme notwendig gehörigen Gebieten unmittelbar vor dem Mitnehmen werden zwei wesentliche Erscheinungen festgestellt:

1. Durch Vergrößern der Fremdspannungsamplitude wird die Schwebungsfrequenz so verkleinert, daß schließlich an der Mitnahmegrenze die Schwebungsperiode unendlich lang wird.

2. Mit Annäherung an die Mitnahmegrenze nehmen die Schwebungen immer mehr die Gestalt von scheinbaren Kippschwingungen an.

Diese beiden charakteristischen Eigenschaften der Mitnahmeschwebungen werden teils durch graphische, teils durch analytische Verfahren untersucht und mehrfach experimentell belegt. Bei der Teilungszahl $n = 1$ (gewöhnliche Mitnahme) tritt eine Komplikation der Erscheinungen auf. Während der eine Grenzfall der ganz allgemein für $n = 2, 3, 4 \ldots$ dargestellte Mitnahmemechanismus ist (Frequenzbeeinflussung), tritt an dessen Stelle im zweiten Grenzfall eine Amplitudenbeeinflussung derart, daß die Selbsterregung durch die Entdämpfung der Fremderregung totgemodelt wird. Die experimentelle Untersuchung dieses letzteren Grenzfalles wird durch eine besonders gezüchtete Schaltung ermöglicht und liefert u. a. durch den Ellipsenbeweis eine erstaunlich genaue Erfüllung der theoretischen Konstruktion. *eb.*

DK 551.555.8 : 621.391.3

Durch Sandstürme hervorgerufene Ladungserscheinungen auf Fernmeldeleitungen. [Nach Kano, Kamaga, Okamoto und Iwao, Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 63; 3½ S., 3 Abb.]

Im Distrikt Chi-fend der Provinz Jehol (Mandschukuo) treten im Frühjahr und im Spätherbst häufig Sandstürme auf, die durch die eigenartigen geographischen und meteorologischen Verhältnisse in dieser Gegend bedingt sind. Diese Sandstürme rufen auf den oberirdischen Leitungen Ladungserscheinungen hervor, die zu Störungen des Fernmeldebetriebs geführt haben. Die Ladungserscheinungen sind auf die Reibung der Sandkörner an den Leitungen, die Abgabe elektrischer Ladungen von Sandkörnern an die Drähte bei bloßer Berührung und auf den induktiven Einfluß des außergewöhnlichen elektrischen Feldes im umgebenden Luftraum zurückzuführen. Beim Zusammenwirken dieser verschiedenartigen Einflüsse werden die Verhältnisse recht verwickelt. Durch geeignete Messungen an versuchsweise angebrachten, an beiden Enden isolierten und zum Teil abgeschirmten Drähten in verschiedener Höhe über dem Erdboden hat man die einzelnen Einwirkungen zu erkennen versucht. Dabei wurde unter verschiedenen meteorologischen Bedingungen beobachtet. Die Ergebnisse werden in zwei Schaulinien bekanntgegeben, an die die Verfasser einige Mutmaßungen über die Ursachen der Ladungserscheinungen knüpfen. Angaben über die Art der Störungen und ihre Bekämpfung fehlen. *Rtg.*

DK 621.396.823

Rundfunkstörungen — Suche, Beseitigung und Messung. [Nach H. O. Merriman und F. G. Nixon, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 27 (1939) S. 16; 6 S., 1 Abb.]

Die Rundfunkabteilung der Abteilung für Verkehrswesen in Kanada verfügt zur Bekämpfung der Rundfunkstörungen über einen großen Meß- und Versuchswagen und 33 Störsuchwagen.

In dem Meß- und Versuchswagen sind an der einen Seite unter den Fenstern die zu Sitzen ausgebauten Batterien aufgestellt, an der gegenüber liegenden Wand befinden sich die Empfänger und Meßinstrumente. Der Wagen ist mit 3 Antennen ausgerüstet: einer Rahmenantenne, deren Windungen unterteilt sind und in 4 Enden herausgeführt werden, einer Flächenantenne aus Kupfermaschendraht und einer Tastantenne. Die Tastantenne ist rd. 15 cm lang, kann verlängert werden und ist über eine geschirmte Leitung mit Anpaßübertragern mit dem Empfänger verbunden. Das Ende der Tastantenne ist gegen hohe Spannungen isoliert und kann daher mit spannungführenden Teilen in Berührung gebracht werden.

Für die Feldstärkemessungen dient ein Batterie-Allwellenempfänger mit einem Bereich von 200 bis 20000 kHz. Die Messung der Hochfrequenz erfolgt durch ein Mikroamperemeter im Hochfrequenzgleichrichter (Diode), außerdem kann die Tonfrequenzspannung am Ausgang des Empfängers gemessen werden. Zur Eichung wird ein Meßsender auf den Empfängereingang geschaltet. Ein zweiter Allwellenempfänger für 110 V Wechselstrom 25 bis 60 Hz und 6 V Gleichstrom ist für Messungen über große Frequenzbereiche vorhanden. Die Abstimmung des Empfängers und ein Stromschreiber im Ausgang desselben können dabei durch das gleiche Federwerk angetrieben werden. Ein Spitzenspannungsmesser zwischen Empfängerausgang und Schreiber verhindert gleichzeitig eine Überlastung des Schreibers.

An dem Meßempfänger wurden gegenüber dem üblichen Empfängeraufbau einige Änderungen vorgenommen: die selbsttätige Schwundregelung ist entfernt, die Regelbarkeit der Empfindlichkeit bis zu 80 Decibel erhöht und eine von Hand zu bedienende Empfindlichkeitsregelung eingebaut, die es ermöglicht, die Empfindlichkeit des Gerätes über den ganzen Frequenzbereich konstant zu halten. Die Anordnung der laufenden Aufzeichnung der Störungen hat sich besonders bei Reihenuntersuchungen für die Kraftwagenentstörung als zweckmäßig erwiesen. Zur weiteren Ausrüstung des Wagens gehören ein Kathodenstrahloszillograph, ein Störmeßgerät und eine Reihe von Störschutzmitteln. Für die Verständigung zwischen dem Beobachter im Wagen und dem an der störenden Einrichtung tätigen Helfer ist eine Funkverbindung auf einer Wellenlänge von 5 m vorgesehen.

Jeder der 33 Suchwagen verfügt über eine Rahmenantenne und einen handelsüblichen Autoempfänger, der in der gleichen Weise wie die oben erwähnten Meßempfänger umgebaut wurde. Die Wagen sind entstört, für besondere Fälle kann der Ladekreis der Lichtmaschine bei Benutzung des Empfängers zur weiteren Verringerung der Störungen abgeschaltet werden.

Für die Entstörung mit Kondensatoren genügt gewöhnlich eine Kapazität von rd. 0,1 µF, die genaue Größe der Kondensatoren ist für die Entstörungswirkung meist nicht wesentlich. Spulen werden nur in verhältnismäßig wenigen Fällen gebraucht. Bei elektromedizinischen Geräten hilft nur eine vollkommene Schirmung, Aluminiumfolie von rd. 8/1000 mm (0,0003 inch) hat sich besonders bei hohen Frequenzen als zweckmäßiger erwiesen als Maschendraht. Kurze Erdleitungen sind für die Entstörung wichtig. Hochspannungsleitungen stören durch Sprüherscheinungen infolge Überschreiten der Durchschlagsfestigkeit der Luft bei Spannungen oberhalb 15 kV, eine weitere Störquelle bei Hochspannungsleitungen sind die Funkenübergänge an Isolatoren. Häufig werden diese Störungen auch durch eine ein Stück parallel laufende Niederspannungsleitung nach bewohnten Gegenden verschleppt. Bei Bahnen ist die Lage der Wicklungen des Antriebsmotors nach der Fahrdrahtseite im Hinblick auf die Entstörung günstiger als die Lage nach der Erde hin. Ein Kondensator von 0,1 µF zwischen positiver und negativer Bürste und Erde bringt eine Störverringerung von 20 bis 30 Decibel. Auf die Ergebnisse mit Kohlebügeln in Deutschland wird hingewiesen. Neuere Feststellungen ergaben für Störungen durch elektromedizinische Geräte Reichweiten von mehreren 100 km (three to five hundred miles).

In der Regel läßt sich die Entstörung auf dem Wege einer gütlichen Vereinbarung erreichen. Gesetzliche Vorschriften sind in Arbeit und werden in naher Zukunft in Kraft gesetzt werden. Dabei ist die Lage des Einzelfalls zu berücksichtigen,

Digitized by Google

besonders bei elektromedizinischen Geräten werden die Kosten für eine hinreichende Entstörung oft eine für den Einzelnen schwer zu tragende Höhe annehmen. Eine allmähliche Steigerung der Forderungen beim Vorgehen gegen die Störungen ist vorgesehen, im Endzustand soll in Städten ein störfreier Empfang bis herab zu Feldstärken von 250 µV/m sichergestellt werden. Unter störfrei wird dabei ein Verhältnis von 1 : 30 zwischen den Spitzen der Stör- und Nutzmodelung verstanden.

Mit der Festlegung von Meßverfahren und Meßwerten auf dem Gebiet der Rundfunkstörungen beschäftigt sich in Amerika eine besondere Kommission und in Europa die zwischenstaatliche CISPR. Beide haben sich, soweit sie durchführbar, für die Messung der Störspannung an der Störquelle ausgesprochen. Die amerikanische Kommission hat festgestellt, daß 92 % der Rundfunkhörer zufriedengestellt sind, wenn beim Empfang einer Feldstärke von 5000 µV/m die Störspannung am Störer 5000 µV nicht überschreitet. Dabei ergibt sich ein Verhältnis von Stör- zu Nutzspannung von 1 : 30. In England werden an der Störquelle Störspannungen bis 500 µV zugelassen; wo die Messung an der Störquelle nicht möglich ist, soll die in 9 bis 10 m (10 yards) Abstand von der Störquelle auftretende Störfeldstärke 100 µV/m nicht überschreiten. Das zulässige Verhältnis von Stör- zu tonfrequenter Nutzspannung ist auf 1 : 100 festgesetzt, dies Verhältnis wird für 90% der Hörer bei Empfangsfeldstärken von 1000 µV/m und mehr erreicht. Bei der Messung der Störspannung ist zu unterscheiden zwischen der symmetrischen und der unsymmetrischen Komponente, die Messung erfolgt über die von der CISPR vorgeschlagenen Netznachbildung. Zur Messung können Empfänger üblicher Bauart benutzt werden, der Meßkreis sowie das Meßgerät müssen aber möglichst weitgehend die Anzeige von Spitzenwerten gestatten, da die Störwirkung häufig nicht von Mittelwerten, sondern von Spitzenwerten der Störspannung bestimmt wird. Die Größe der Störspannung wird in Amerika gewöhnlich durch Vergleich mit einem Meßsender festgestellt, die englische Meßanordnung benutzt dagegen einen geeichten Empfänger mit Spannungsteiler, bei dem die Konstanz der Verstärkung überwacht wird. Antennenanlage und Empfänger müssen hinsichtlich ihrer Störanfälligkeit gewissen billigerweise zu stellenden Anforderungen entsprechen. *Mbs.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 538.567.4

Der Begriff der Modulation. [Nach H. Ruprecht, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 43; 4½ S.]

In der Hochfrequenztechnik wird der Begriff der Modulation sehr häufig verwandt. Vergleicht man aber verschiedene Stellen im Schrifttum, so stellt man fest, daß die Definition der Modulation bei den einzelnen Verfassern ganz verschieden gegeben ist. Es war daher durchaus angebracht, daß einmal von physikalischer Seite aus dieser wichtige Begriff beleuchtet wurde, um so eine klare Begriffsbestimmung zu gewinnen[1]).

Unter Modulation wird physikalisch jeder Vorgang erfaßt, bei dem die Vorstellung des Schwankens eines Stückes für eine Schwingung im Vordergrund steht und nicht etwa eine Seitenbandzerlegung bzw. eine Fourierzerlegung. Hiermit wird nun keinesfalls der Begriff der Seitenbandzerlegung, der in vielen Betrachtungen recht einfach und brauchbar sein kann, in seiner Bedeutung herabgemindert. Man muß nämlich nur daran denken, daß die Zerlegung in Seitenbändern ein Ergebnis der Analyse eines Modulationsproduktes ist, und schließlich eine besondere Form der Frequenzumwandlung infolge der Modulation darstellt.

Weiterhin werden die Größenordnungen der Modulationsgrade festgelegt, und es wird gezeigt, daß dieser im Bereich 0 bis 1 liegen muß, während Werte größer als 1 in den Bereich der Übermodulation hineingehören.

Sehr treffend wird der Unterschied zwischen modulierter und schwingender Schwingung herausgearbeitet. Während erstere um einen festen Punkt schwankt, bewegt sich die schwingende Schwingung stets um den Nullpunkt und stellt also eine ideale Schwebung dar. Je nach der Art des Faktors, um den die Schwingung schwankt, unterscheidet man zwischen Amplituden- und Phasenmodulation. Durch diese beiden Arten werden sämtliche Modulationsmöglichkeiten festgelegt, und es ergibt sich dabei, daß z. B. die Frequenzmodulation eine Untergruppe der Amplitudenmodulation ist.

Abschließend wird noch darauf hingewiesen, daß das Wort Phasenmodulation, das ist die Modulation des Nullphasenwinkels φ, verschwinden müsse, da für eine solche Modulation bei einer zeitlich ablaufenden Schwingung kein physikalischer Hintergrund besteht. *Hsr.*

[1]) S. a. S. 1357 d. Heftes.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.333 : 621.315.21

Ableitungsmessungen an Fernsprechkabeln. [Nach F. Wilke, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 28 (1939) S. 44; 2 S., 3 Abb.]

Der Verfasser ermittelt die Korrekturen für die Bestimmung der Teilableitungen bei der Messung der Betriebsableitung mittels Wagnerbrücke. Verglichen wird die direkte Messung der Betriebsableitung durch die symmetrische Brücke. Unter der Voraussetzung, daß bei Messungen an längeren Kabeln der Schleifenwiderstand R_S mit $R_S/3$ in das Ergebnis eingeht, ergibt sich für ein Adernpaar das Ersatzschema Abb. 8. Der gedachte Widerstand $R_0/3$ bleibt bei symmetrischen Verhältnissen, wenn nur die Betriebsableitung bestimmt werden soll, ohne Einfluß. Unter dieser Voraussetzung werden das Ersatzschema und die zugehörige Gleichung entwickelt. Es ist die Betriebsableitung

$$A_B = \omega^2 C_B^2 R_B = \omega^2 C_B^2 R_B' - K_B.$$

Dabei ist das erste Glied der rechten Seite die scheinbare Betriebsableitung und

$$K_B = \omega^2 C_B^2 \frac{R_S}{3}$$

das Korrekturglied. R_S ist darin der Schleifenwiderstand und C_B die Betriebskapazität. Ist in Sonderfällen nötig, die Teilableitungen zu kennen, so müssen die scheinbaren Teilableitungen ebenso durch Korrekturglieder ergänzt werden. Durch zweimalige Umwandlung wird Abb. 8 in ein Dreieck verwandelt. Unter für die Praxis zutreffenden Annahmen werden entsprechende Gleichungen für Teil- und Betriebsableitung angegeben. Für die Betriebsableitung tritt die gleiche Korrektur K_B auf.

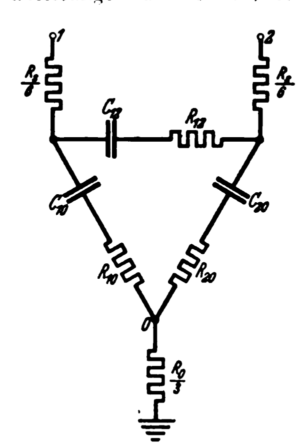


Abb. 8. Ersatzschema für die Messung der Ableitung eines Aderpaares.

Meßergebnisse an einem Sternviererkabel wurden angeführt. Der Vergleich der Auswertung durch die entwickelte Korrektur K_B, mit der allgemein in dem Schrifttum angegebenen Korrektur der Wagnerbrücke, zeigt ziemliche Differenzen für die Betriebsableitung. Ergab die bisherige Korrektur durchweg zu hohe Werte, so ist der Vergleich der Betriebsableitung, die mittels der entwickelten Korrektur bestimmt wurde, zur direkten Messung mit der symmetrischen Brücke ziemlich übereinstimmend und für praktische Verhältnisse als ausreichend zu bezeichnen. Genügt die Kenntnis der betriebsmäßigen Ableitung, so läßt sich für die Praxis genügende Genauigkeit durch die symmetrische Brücke erzielen. Das Meßverfahren wird einfacher. *mlr.*

DK 621.187.11 : 621.317.331

Leitfähigkeitsmessungen im Kesselbetrieb. [Nach E. Schumann, Wärme 61 (1938) S. 953; 5 S., 9 Abb.]

Bei einer neuzeitlichen Kesselanlage werden steigende Anforderungen an die Reinheit und Salzarmut des Dampfes gestellt, die bis 6 mg/l Salz und darunter liegen, um Betriebsstörungen durch Verkrustung des Überhitzers oder der Turbinen zu vermeiden. Der Nachweis solch geringer Salzmengen ist zwar durch Bestimmung des Abdampfrückstandes möglich, jedoch zu umständlich und zu zeitraubend und scheidet deshalb für die laufende Überwachung einer Anlage aus. Schneller durchzuführen bei hinreichend genauen Ergebnissen sind Leitfähigkeitsmessungen. Sie beruhen auf der Bestimmung des Widerstandes einer Lösung zwischen zwei Elektroden, wobei der Widerstand durch die Länge und durch den Querschnitt der Elektroden gegeben ist. Träger der Leitfähigkeit sind die durch Spaltung der Salze entstehenden Ionen. Als Einheitswert der Spitzenleitfähigkeit wird benutzt Ω^{-1} cm^{-1}. Gutes Kondensat hat eine spezifische Leitfähigkeit von 2 bis $8 \cdot 10^{-6}$ Ω^{-1} cm^{-1}.

Neben der Konzentration der Lösung und der Art der darin gelösten Salze ist die Höhe der Versuchstemperatur von Einfluß. Die Leitfähigkeit nimmt mit steigender Temperatur um 1,5 bis 2,5 % je °C zu. Für Messungen im Laboratorium setzt man den Temperatureinfluß in Rechnung oder wendet zur Gleichhaltung

Digitized by Google

der Temperatur Regelgeräte an. Für Betriebsgeräte benutzt man jedoch Kompensationsschaltungen, die selbsttätig den Einfluß der Temperatur ausgleichen.

Zu einem Leitfähigkeitsmeßgerät gehört ein Elektroden-Körper (Geber), eine Anzeige- oder Schreibgerät sowie bei Dampfmessungen ein Kühler. Der Geber kann als Eintauch- oder Durchflußgeber ausgebildet sein. Das Anzeigegerät ist ortsfest oder tragbar ausgebildet. Die Anzeige gibt entweder Leitwerteinheiten oder den Salzgehalt in mg/l Kochsalz an, weil dieses Salz mit seiner Leitfähigkeit etwa in der Mitte der Neutralsalze liegt.

Meßfehler können in der Art des Meßgerätes selbst begründet sein oder bei der Eichung des Meßgerätes gemacht werden. Die größtmöglichste Fehlerquelle bietet die Eichung des Gerätes selbst. Für den Betrieb ist eine Eichung nach dem Abdampfrückstand zweckmäßig, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß organische Substanzen und kolloidale Kieselsäure wohl durch den Abdampfrückstand, aber nicht bei den Leitfähigkeitsmessungen erfaßt werden, da diese Stoffe nicht dissoziiert sind.

Wichtig ist bei allen Versuchen die Art der Probenahme. Das Entnahmerohr wird so in die Dampfleitung (Sattdampf oder Heißdampf) eingebaut, daß es sich in Mitte des Rohres befindet und seine Öffnung der Dampfströmung entgegen gerichtet ist. Dabei muß die Strömungsgeschwindigkeit im Entnahmerohr der Strömungsgeschwindigkeit in der Dampfleitung zum wenigsten gleich oder nach Möglichkeit etwas größer sein, um Staubildungen zu vermeiden.

Die verbreitetste Anwendung haben Leitfähigkeitsmessungen zur Bestimmung des Salzgehaltes im nassen oder überhitzten Dampf gefunden. *vb.*

DK 621.317.332 : 621.316.8.029.5/.6

Systematische Messungen an hochohmigen Widerständen im Gebiet hoher Frequenzen. [Nach Aldo Bressi, Istit. Electr. Naz. Gal. Ferraris, Heft Nr. 41; 21 S., 12 Abb.]

Die Meßergebnisse einer ausgedehnten systematischen Untersuchung über das Verhalten von hochohmigen Widerständen bei Hochfrequenz werden dargelegt, wobei sowohl eine sehr große Anzahl von italienischen Erzeugnissen als auch Erzeugnisse der nahmhaften ausländischen Fabriken zur Untersuchung kamen. Auf diese Weise wurden zahlreiche wichtige Betriebsdaten derartiger Widerstände gesammelt, die bisher im Schrifttum zusammengefaßt nicht zu finden waren. Das bei den Widerstandsmessungen angewandte Verfahren ist das von Latmiral-Vecchiacchi (Messung des dynamischen Widerstandes eines Schwingungskreises). Dieses Verfahren erwies sich für die hier vorzunehmenden Messungen als besonders vorteilhaft, da es ein äußerst schnelles Arbeiten bei gleichzeitig hoher Genauigkeit der Messung erlaubt. Aus den erhaltenen Widerstandsdaten ergeben sich wichtige Rückschlüsse auf die Eignung der Widerstände für verschiedene Zwecke der Rundfunktechnik, auf das Problem der fabrikatorischen Reihenherstellung von gleichmäßigen Widerständen, auf das Verhalten der verschiedenen Typen im Hinblick auf Temperatur- und Feuchtigkeitsänderungen usw. Hieraus können sich neue und brauchbare Vorschläge für eine Typisierung und Standardisierung der verschiedenen in der Rundfunktechnik verwendeten Hochohmwiderstände ergeben. *Bmk.*

DK 621.317.361.029.5

Verbesserungen in der Ausführung von Frequenzmessungen. [Nach E. Fubini-Ghiron und P. Pontecorvo, Istit. Electr. Naz. Gal. Ferraris, Heft Nr. 47; 9 S., 4 Abb.]

Die Verfasser beschreiben einen nach einem doppelten Überlagerungsprinzip arbeitenden Rundfunk-Wellenmesser, durch welchen die Ausführung von sehr genauen Wellenlängenmessungen gegenüber den bisherigen Verfahren sehr vereinfacht wird. Der erste Frequenzwechsel unterscheidet sich von dem eines einfachen Superheterodyn nur dadurch, daß ein Spektrum von Frequenzen verwendet wird, die sich in Abständen von 10 kHz aufeinander folgen. Der Nominalwert der ersten Zwischenfrequenz beträgt dabei 450 kHz. Der nachfolgende zweite Frequenzwechsel hat den Zweck, eine tiefere Zwischenfrequenz von etwa 50 ± 5 kHz zu erzeugen, die im weiteren verstärkt wird. Eine ihrer Harmonischen (die 10te bis 100te) wird dann gemessen. Aus dieser Messung schließt man dann wieder zurück auf die ursprüngliche unbekannte Frequenz, wobei der Fehler 10 bis 100-mal kleiner ist, als wenn mit denselben Einrichtungen die ursprüngliche Frequenz unmittelbar gemessen worden wäre. *om.*

DK 621.317.733.025 : 621.317.085.3

Die Anwendung des magischen Auges in der Wechselstrombrücke. [Nach A. Ferrari-Toniolo, Istit. Electr. Naz. Gal. Ferraris, Heft Nr. 37; 6 S., 8 Abb.]

Der Verfasser gibt ein neuartiges Gerät zur Bestimmung des Minimums bei Wechselstrombrücken an, welches an Stelle der sonst allgemein üblichen akustischen Feststellung mittels Telephons ein optisches Verfahren benutzt. Die Konstruktion des von dem Verfasser benutzten magischen Auges wird eingehend beschrieben (Dreielektrodenröhre in Verbindung mit Ablenkplatte und Fluoreszenzschirm). Das Gerät ist zur Feststellung des Minimums in Brückenanordnungen bei Spannungen von einigen Millivolt für alle Frequenzen zwischen etwa 50 und 100000 Hz hervorragend geeignet. Die Empfindlichkeit entspricht der der akustischen Verfahren, wobei jedoch die Störungen durch Raumgeräusche, unterschiedliche Gehörempfindlichkeit und Übung der Beobachter usw. entfallen. In Verbindung mit dem neuen Nachweisgerät können ferner Experimente mit der Wechselstrombrücke jetzt auch leicht einem größeren Hörerkreis in der Vorlesung vorgeführt werden. *Bmk.*

Physik.

DK 537.311.62 : 621.316.8.028.3

Der Einfluß der verteilten Kapazität auf das Verhalten von Hochohmwiderständen bei hohen Frequenzen. [Nach Paolo Pontecorvo, Istit. Electr. Naz. Gal. Ferraris, Heft Nr. 42; $3^1/_4$ S., 3 Abb.]

Nach einer kurzen zusammenfassenden Darstellung der von Howe gegebenen Theorie von Hochohmwiderständen bei Hochfrequenz, welche den Einfluß der verteilten Kapazität auf die Änderung der Widerstände bei hohen Frequenzen erklärt, zeigt der Verfasser, wie auf einfache Weise aus der Messung des hochohmigen Widerstands bei einigen verschiedenen Frequenzen der Wert der verteilten Kapazität ermittelt und so die Howesche Theorie auch quantitativ geprüft werden kann. Die so an einer größeren Anzahl von Hochohmwiderständen ausgeführten Messungen ergaben in allen Fällen eine gute Bestätigung der Howeschen Formeln. Ferner zeigte sich, daß bei Widerständen desselben Typs der Gesamtwert der verteilten Kapazität praktisch gut konstant ist, und ferner, daß diese gemessenen Kapazitätsbeträge stets etwas unter den theoretischen Werten lagen. Der Gesamtwert der verteilten Kapazität der Hochohmwiderstände, C_d, erweist sich als eine fundamentale Größe bei der Darstellung des Verhaltens derartiger Widerstände bei Hochfrequenz. In vielen Fällen ist es besonders erwünscht, Widerstände zu besitzen, in denen das Verhältnis R_f/R_{cc}, d. h., das Verhältnis des Wechselstromwiderstandes zum Gleichstromwiderstand, möglichst wenig von eins verschieden ist. Dies wird nach der Howeschen Theorie und nach den experimentellen Feststellungen am besten erfüllt, wenn auch das Verhältnis von Widerstandsdurchmesser zu Widerstandslänge möglichst eins ist, d. h. also, wenn man möglichst kurze Widerstände verwendet. *om.*

DK 621.38

Das Elektronenfernrohr. [Nach S. Malatesta, R. Ist. El. e. d. Com. d. Marina, No. 132; 8 S., 8 Abb.]

Der Verfasser untersucht die auf der Umwandlung von sichtbarem und unsichtbarem, insbesondere auch infrarotem Licht in nach Richtung und Intensität äquivalente Elektronenstrahlen beruhende Möglichkeit der Konstruktion eines „Elektronenfernrohres". Es wird dabei bekanntlich auf einer halbdurchlässigen Photokathode ein optisches Bild des zu betrachtenden Objektes entworfen. Die so an der Oberfläche der Photokathode ausgelösten Photoelektronen werden geeignet beschleunigt und mittels einer elektrostatischen oder magnetischen Linse auf einen Leuchtschirm abgebildet, wo das von ihnen erzeugte Fluoreszenzbild zur Betrachtung gelangt. Verschiedene derartige Elektronenlinsen werden von dem Verfasser, auf Grund der Erfahrungen mit Elektronenmikroskopen, angegeben. Die Widergabe einiger Bilder zeigt, was hinsichtlich Schärfe der Bilder bereits mit dem neuen Verfahren erreicht werden kann. Insbesondere ist das Verfahren, das bekanntlich seit einigen Jahren vor allem in Amerika (Zworykin) und in Deutschland besonders gefördert wurde, bei Verwendung der neuen hochsensibilisierten Cäsium-Cäsiumoxyd-Photozellen, deren spektrales Maximum bei etwa 8000 Å und deren langwellige Grenze bei etwa 17000 Å liegt, sehr geeignet zur Verwendung ultraroter Strahlungen (Sehen im Nebel bzw. im Dunkeln). *Bmk.*

Digitized by Google

DK 537.561 : 546.49

Die Zündspannung von reinem Quecksilberdampf. [Nach R. Grigorovici, Z. Phys. 111 (1939) S. 596; 21 S., 6 Abb.]

R. Grigorovici berichtet in sehr sauberen Messungen über Versuche zur Ermittlung der Zündspannung von reinem Quecksilberdampf bei verschiedenen Kathodenmetallen. Die von ihm gefundenen Mindestwerte der Zündspannung U_{min} sind in der nachstehenden Tafel abhängig vom kritischen Produkt aus Schlagweite d und Druck p zusammengestellt:

Kathodenmetall	U_{min} bei reiner Oberfläche V	U_{min} Quecksilberbedeckt V	$p\,d$ Torr · mm
Pt	560	200	13
Fe	437	300	10,5
Al	390	245	8,9
Hg	295	—	7,0

Die Versuche zeigen, daß schon nach wenigen Meßreihen die Elektroden nicht mehr vom Quecksilber befreit werden können; die sich bildende Quecksilberschicht ist mit freiem Auge nicht mehr sichtbar. Die Absenkung der Zündspannung durch Hg-Schichten ist umso ausgeprägter, je schwerer die Schichten durch Erhitzen der Kathode entfernt werden können; die in der Zahlentafel wiedergegebenen Werte U_{min} der Hg-bedeckten Kathoden stellen untere Grenzwerte dar. Aus den Messungen können verschiedene für den Zündvorgang wichtige Schlüsse gezogen werden: So muß die Bildung negativer Ionen von untergeordneter Bedeutung, die Energieübertragung durch Ionenstoß gering, der Townsendsche Ionisierungskoeffizient dagegen relativ hoch sein. Außerdem ergibt sich, daß die Elektronenauslösung an der Kathode überwiegend thermisch erfolgt. Die Zündspannungserniedrigung bei Hg-bedeckten Kathoden erklärt der Verf. durch die Annahme, daß kleinste Hg-Tropfen auf der Kathodenoberfläche durch den Aufprall positiver Hg-Ionen zerstäubt werden, deren Ionisationsausbeute mit der Temperatur rasch ansteigt. Mit wachsendem Druck und steigender Temperatur würde somit eine immer größer werdende zusätzliche Ionisation im Raume zwischen den Elektroden einsetzen. *Stl.*

DK 535.4

Anwendung der Interferenz zum Auslöschen des von einer Glasschicht zurückgeworfenen Lichtes. [Nach K. B. Blodgett, Phys. Rev. 55 (1939) S. 391; 14 S., 4 Abb.]

Im Verfolg von früheren Arbeiten der gleichen Verfasserin[1]) werden die Erscheinungen der Interferenz von Lichtstrahlen, die von den Grenzschichten eines dünnen auf einen Träger aufgebrachten Filmes zurückgeworfen werden, näher untersucht. Die Interferenz verursacht die Intensität I_R des resultierenden Lichtes, die größer oder kleiner als die der Einzelstrahlen sein kann. Der Wert von I_R wird bestimmt durch den Lichtbrechungsindex des Filmes n_1 und den der Trägerschicht n_g, auf der der Film aufliegt, ferner durch die Dicke des Filmes, den Einfallswinkel, unter welchem das Licht den Film trifft, und die Wellenlänge des Lichtes. Es werden die Bedingungsgleichungen angegeben, die notwendig sind, um Auslöschung des zurückgeworfenen Lichtes zu erhalten. Der Intensitätsverlauf wurde in Abhängigkeit der verschiedenen Einflußgrößen bei einigen Glassorten bestimmt. Im Falle einwelligen Lichtes der Wellenlänge λ ist $I_R = 0$, wenn $n_1 = n_g^{1/2}$, und die Schichtdicke ist gegeben durch die Gleichung

$$t = 0{,}25\,\lambda \left(\frac{2a+1}{2}\right),$$

wo a gleich Null oder eine ganze Zahl ist.

Dann wird die Herstellung der Filme angegeben, durch die die erforderlichen Werte von n_1 und t erhalten werden. Die Filme werden durch Bildung von molekularen Schichten hergestellt, wobei jede Schicht aus 50%igem Kadmiumöl und zur anderen Hälfte aus Fettsäure gebildet wird. Die physikalischen, insbesondere die optischen Eigenschaften dieser Stoffe werden im einzelnen betrachtet. Der aus den Lösungen gebildete Film wird dann in Alkohol eingebracht, welcher die Fettsäure löst und ein Skelett der Kadmiumlösung zurückläßt. Derartige Schichten wurden bereits früher mehrfach darzustellen versucht. Sie können beispielsweise im Leuchtenbau von Natriumdampflampen und bei den Glasscheiben von Meßgeräten verwendet werden, wodurch die Ablesung und Erkennbarkeit der Geräteskala nicht mehr durch störendes reflektiertes Licht erschwert werden kann. Ein derartiges Bildbeispiel zeigt die günstige Wirkung einer solchen Filmschichtung auf dem Glas. Die optischen Wirkungen dieser Filme und die chemischen Vorgänge der Filmbildung werden im einzelnen genau erläutert. Der Brechungsindex des Filmgerippes wird aus dem Betrag der Fettsäure, der vom ursprünglichen Auftrag entfernt wurde, bestimmt. Ferner werden die Möglichkeiten der Glasätzung durch chemische Behandlung sowie die Herstellung und die wichtigsten Eigenschaften von Filmen, die aus verdampften Stoffen gebildet werden, kurz gestreift; hierbei werden Calcium-, Natrium- und Lithiumfluoridfilme betrachtet. In der Arbeit befinden sich weitere Schrifttumshinweise. *Tsch.*

[1]) K. B. Blodgett, J. Amer. Chem. Soc. 57 (1935) S. 1007; K. B. Blodgett u. I. Langmuir, Phys. Rev. 51 (1937) S. 964.

DK 537.533.73

Elektroneninterferenzen an einzelnen Molekülen. [Nach P. P. Debye, Phys. Z. 40 (1939) S. 66; 1 S., 1 Abb.]

Bei der Streuung von Elektronen an den Molekülen eines Gasstrahles nimmt die Intensität mit der vierten Potenz des Sinus des Ablenkungswinkels ab. Infolge dieses starken Intensitätsabfalls weist die Schwärzungskurve keine eigentlichen Maxima und Minima auf. Man kann aber nach P. P. Debye den Intensitätsabfall dadurch kompensieren, daß man vor der photographischen Platte im Hochvakuum einen Sektor rotieren läßt, der die Belichtungszeit eines Punktes der Platte im Abstand r von ihrem Mittelpunkt wie r^4 anwachsen läßt und damit den Abfall annähernd ausgleicht. Die Schwärzungskurve zeigt dann deutliche wahre Interferenzmaxima und -minima, so daß damit, neben der Aufgabe, Interferenzen an H-Atomen zu beobachten, auch die Bestimmung der natürlichen und thermischen Ungenauigkeit der Atomlagen experimentell durchführbar geworden ist. *Br.*

DK 537.523.3

Koronaentladung einer positiven Spitze gegenüber einer geerdeten Platte in Luft von Atmosphärendruck. [Nach G. W. Trichel, Phys. Rev. 55 (1939) S. 382; 9 S., 8 Abb.]

G. W. Trichel untersucht die Schwankungen der Koronaentladung einer positiven Spitze gegenüber einer geerdeten Platte in Luft von Atmosphärendruck und belegt durch sehr schöne Oszillogramme, daß in dieser Elektrodenanordnung der Strom einer selbständigen Koronaentladung sich zusammensetzt aus einzelnen Stromstößen, deren Ansatzpunkte über die ganze Oberfläche der Spitzenelektrode verteilt sind. Diese Stromstöße bestehen aus einer Reihe aufeinanderfolgenden Elektronenlawinen, welche in die Gebiete hoher Feldstärke um die Spitzenelektrode hineinlaufen und durch ihre zurückbleibende Raumladung, die sich mit jeder abgelaufenen Lawine weiter verstärkt, das Feld vergleichmäßigen und so schließlich den Strom des betreffenden Impulses zum Erlöschen bringen. Solche Stromimpulse entwickeln sich in etwa 0,01 µs; darauf folgt dann eine längere Zeitdauer von etwa 1 µs, in der die gebildete, zunächst örtlich gebundene Raumladung soweit verteilt wird, daß eine Wiederzündung erfolgen kann. Diese Wiederzündung wird eingeleitet entweder durch in der Raumladung verbliebene negative Ionen oder durch Elektronen, die lichtelektrisch von einem weiter entfernten Stromstoß ausgelöst sind. Steigert man die Feldstärke an der Spitzenelektrode, so bilden diese Stromstöße Entladungsstiele, die in den Elektrodenraum hineinwachsen. Erlöschen diese Stiele und zünden sie bei abgesenkter Raumladung wieder, so verlängern sie sich in Richtung zur Kathode in ähnlicher Weise wie die Vorentladung des Blitzes[1]), allerdings mit dem Unterschied, daß beim Blitz die Vorwachsrichtung von der Kathode zur Anode erfolgt, während im vorliegenden Fall die Stiele von der positiven Spitze ausgehen. Wenn solch eine Stielentladung die Kathode erreicht, so leitet eine kräftige von der Kathode ausgehende Rückentladung den Funken bzw. den Bogen ein. *Stl.*

[1]) B. F. Schonland u. H. Collens, Proc. roy. Soc., Lond. 145 (1934) S. 645 u. 152 (1935) S. 595.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE-Mitgliedsbeiträge 1940.

Die Beiträge sind an die Hauptgeschäftstelle des VDE, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33/VDE-Haus, einzusenden. Die Mitglieder werden daher gebeten, die Überweisung auf folgende Konten:

Postscheckkonto Berlin Nr. 1810 00
oder
Commerz- und Privat-Bank, Dep.-Kasse HJ, Berlin, Potsdamer Str. 97,

vorzunehmen. Für Postscheckzahlungen liegen diesem ETZ-Heft Zahlkarten bei. Wir bitten, die Rückseite des Zahlkartenabschnittes sorgfältig auszufüllen und besonders auch die Staffelgruppe anzugeben.

Beitragssätze.

A. Persönliche Mitglieder im Inland:

Staffel		jährl. RM
	Studierende Mitglieder	6,—
1	Jungmitglieder bis zu 25 Jahren und Mitglieder mit einem monatl. Bruttoeinkommen bis zu 180,— RM	12,—
2	Mitglieder mit einem monatl. Bruttoeinkommen bis zu 300,— RM	18,—
3	Mitglieder mit einem monatl. Bruttoeinkommen bis zu 420,— RM	24,—
4	Mitglieder mit einem monatl. Bruttoeinkommen bis zu 520,— RM	36,—
5	Mitglieder mit einem monatl. Bruttoeinkommen bis zu 1000,— RM	42,—
6	Mitglieder mit einem monatl. Bruttoeinkommen über 1000,— RM	48,—

Vorstehende Beitragssätze gelten auch für die Mitglieder der Fachgruppe Energiewissenschaft im NSBDT.

B. Körperschaftliche Mitglieder im Inland:

Staffel		jährl. RM
7	Behörden, Schulen, wissenschaftl. Vereine usw.	42,—
8	Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. u. staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:	
a)	bis zu 50 Angestellte u. Arbeiter	56,—
b)	von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter	81,—
c)	von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter	126,—
d)	von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter	156,—
e)	von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter	306,—
f)	über 1000 Angestellte und Arbeiter auf Anfrage	

C. Persönliche Mitglieder im Ausland:

Staffel		jährl. RM
9		36,—
9a)	Deutsche in den abgetretenen Gebieten Eupen—Malmedy, Nordschleswig	24,—

D. Körperschaftliche Mitglieder im Ausland:

Staffel		jährl. RM
10	Behörden, Vereine, Institute usw.	40,—
11a)	bis 50 Angestellte und Arbeiter	50,—
b)	von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter	75,—
c)	von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter	120,—
d)	von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter	150,—
e)	von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter	300,—

Die Mitglieder im Ausland erhalten nur die ETZ „Elektrotechnische Zeitschrift"; auf besonderen Wunsch auch die RDT „Rundschau Deutscher Technik" gegen Berechnung von 4,— RM jährlich.

Der Beitrag ist möglichst für das ganze Jahr, sonst halbjährlich bis 1. Dezember 1939 und 1. Juni 1940, oder vierteljährlich bis 1. Dezember 1939, 1. März 1940, 1. Juni 1940, 1. September 1940 im voraus zu zahlen. Damit die Zeitschriftenlieferung auch für das neue Jahr rechtzeitig veranlaßt werden kann, bitten wir, den Betrag bis spätestens

10. Dezember 1939

auf eines der oben bezeichneten Konten zu überweisen.

Wir machen die Mitglieder der Deutschen Arbeitsfront besonders darauf aufmerksam, daß nur die rechtzeitige Überweisung des Mitgliedsbeitrages auch die pünktliche Übersendung der NSBDT-Mitglieds- bzw. DAF-Anrechnungskarte gewährleistet.

Mitglieder des VDE, die mehreren anderen Fachvereinen angehören oder anzugehören wünschen, können bei diesen ebenfalls die Mitgliedschaft gegen Entrichtung eines Verwaltungskostenbeitrages von 6,— RM beibehalten bzw. erwerben. In diesem Beitrage ist jedoch die Lieferung der Zeitschriften der anderen Fachvereine nicht mit eingeschlossen. Diese Fachvereine teilen den Preis für ihre Zeitschriften auf Anfrage mit, der Preis der ETZ beträgt 20,— RM im Jahr.

Beim Ausbleiben von Heften sind Beschwerden nicht an den Verlag, den VDE oder den VDE-Bezirk, sondern sofort an das zuständige Bestellpostamt zu richten. Spätere Heftnachforderungen können nur gegen Berechnung und soweit vorrätig ausgeführt werden.

Bei jedem Wohnungswechsel — auch bei vorübergehendem — ist rechtzeitig (etwa 10 Tage vor dem Wechsel) ein Antrag an das Postamt der alten Wohnung auf Überweisung nach der neuen Anschrift zu stellen. Antragformulare sind auf jedem Postamt erhältlich.

Bei dauerndem Wohnungswechsel haben außerdem die Mitglieder des VDE ihre alte und neue Anschrift, sowie bei Stellungswechsel auch die genaue Angabe der neuen Firmenanschrift, der Geschäftstelle des VDE, Mitglieder-Abteilung, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33/VDE-Haus, mitzuteilen. (Bei nur vorübergehendem Wohnungswechsel wolle man von einer Mitteilung absehen.)

Mitglieder, welche zum Heeresdienst mit der Waffe einberufen sind, müssen umgehend der Mitglieder-Abteilung des VDE hiervon Kenntnis geben. Wir empfehlen solchen Mitgliedern, die „Elektrotechnische Zeitschrift" (ETZ) an eine Heimatadresse zustellen zu lassen, da eine Gewähr für spätere Nachlieferung fehlender Hefte nicht übernommen werden kann.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
im NS-Bund Deutscher Technik.

Der Vorsitzende: Rißmüller

Die Geschäftsführung: Blendermann

Digitized by Google

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für die Prüfung mit Stoßspannungen.

In ETZ 60 (1939) H. 29, S. 874 war ein Neuentwurf zu

VDE 0450 „Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke"

veröffentlicht. Die gegen diesen Neuentwurf eingegangenen Einsprüche sind ordnungsmäßig behandelt worden und haben zu der in ETZ 60 (1939) H. 48, S. 1372 veröffentlichten endgültigen Fassung geführt. Diese wurde im November 1939 vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt mit dem 1. Januar 1940 in Kraft. Gleichzeitig wird VDE 0450/1933 „Leitsätze für die Prüfung mit Spannungsstößen" außer Kraft gesetzt.

Sonderdrucke der neuen Regeln VDE 0450/XI. 39 erscheinen gleichzeitig bei der ETZ-Verlag G.m.b.H., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 (Preis RM 0,40).

Ausschuß für Elektrowärmegeräte.

Der Ausschuß für Elektrowärmegeräte hat beschlossen, die Toleranz für die Leistungsaufnahme von Elektrowärmegeräten mit Rücksicht auf die Umstellung auf nickelarmes und nickelfreies Heizleitermaterial von ± 5% auf ± 10% zu erweitern. Diese Erweiterung wird in

VDE 0720 U „Umstell-Vorschriften für Elektrowärmegeräte"

festgelegt.

Diese Umstell-Vorschriften sind in ETZ 60 (1939) H. 48, S. 1372 veröffentlicht. Sie sind durch den Vorsitzenden des VDE im November 1939 genehmigt und treten am 1. Dezember 1939 in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Die Geschäftsführung:
Blendermann

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Arbeitsgemeinschaften (Techn. Nachwuchs).

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektrische Bahnen. Leiter: Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
5. 12. 1939, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe „Triebfahrzeuge": „Triebwagen mit eigener Kraftquelle", Vortragender: Reichsbahnrat Fr. Boden.

Elektromaschinenbau. Stellvertr. Leiter: Dr.-Ing. W. Putz VDE.
7. 12. 1939, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Die Schaltbilder nach VDE 0570 in physikalischer Betrachtung", Vortragender: Dipl.-Ing. W. Nürnberg VDE.

Stromrichter. Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.
8. 12. 1939, 18^{00}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Umrichteranordnung für Umformung von Wechselstrom gegebener Frequenz in solchen höherer Frequenz", Vortragender: Dr. R. Jovy VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
14. 12. 1939, 18^{30}, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe „Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik": „Über geschwindigkeitsgesteuerte Laufzeitgeräte", Vortragender: Dr.-Ing. habil. H. E. Hollmann VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein.
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender.

Arbeitskreis Lichttechnik der Fachgruppe Energiewissenschaft, Fachgruppe Elektrotechnik und Gauamt „Schönheit der Arbeit", Wien. 4. 12. (Mo), 18^{00}, Haus der Technik, Eschenbachgasse 9: „Zweckentsprechende Beleuchtung in Betrieben. Erfahrungen der Beratungsstelle „Gutes Licht" im Gau Wien. Dr. phil. habil. H. Schober.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Hannover (gemeinsam mit dem Gauamt „Schönheit der Arbeit" und dem Reichsluftschutzbund). 6. 12. (Mi), 20^{00}, Altes Rathaus: „Die Lichttechnik im Dienst des Luftschutzes". Prof. Dr.-Ing. habil. W. Arndt.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

H. Denecke †. — Am 9. November 1939 verstarb Herr Heinrich Denecke, Direktor in der Abteilung Kraftwerksbau der AEG. Während der fast fünf Jahrzehnte seiner Tätigkeit bei der AEG hat Denecke den ganzen Entwicklungsgang des Energieerzeugungswesens von seinen ersten Anfängen an mitgemacht. Er war während einer Reihe von Jahren als verantwortlicher Bauleiter im In- und Auslande tätig und auch u. a. bei der Planung und Erstellung der während des Weltkrieges errichteten Kraftwerke Golpa und Zschornewitz maßgebend beteiligt.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Georg Simon Ohm. Von J. Zenneck. (Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, 11. Jg., H. 2). Mit 8 Abb. u. 57 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis geh. 0,90 RM.

[Das Büchlein enthält die Festrede, die J. Zenneck bei der Feier anläßlich des 150. Geburtstages von Georg Simon Ohm in der Universität der Hansestadt Köln am 15. 3. 1939 gehalten hat[1]).]

Deutsche Verkehrsgeschichte. Herausg. vom Reichsverkehrsministerium. Band I/1—2. Mit zahlr. Abb. u. 111 S. im Format A 4. Konkordia-Verlag R. Rudolph, Leipzig 1939.

[Das Reichsverkehrsministerium beabsichtigt, von nun ab jedes Jahr zwei Ausgaben der Deutschen Verkehrsgeschichte herauszubringen, in denen aus allen Verkehrsgebieten mit Ausnahme der Post die interessantesten und wichtigsten Gegebenheiten aufgezeichnet werden. Das erste Heft bringt in drei reich bebilderten Aufsätzen die hundertjährige Geschichte der ersten preußischen Eisenbahn Berlin–Potsdam, der ersten deutschen Staatseisenbahn Braunschweig–Wolfenbüttel und der ersten westdeutschen Eisenbahn Düsseldorf–Erkrath.]

[1]) ETZ 60 (1939) H. 15, insbesondere S. 441 u. 452.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. O. Eisenmenger, Stuttgart-W., Marienstr. 34.
Dr.-Ing. R. Elsner VDE, Nürnberg-O., Bulmannstr. 48.
Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE, Berlin SW 61, Großbeerenstr. 40.
Dr. E. C. Metschl VDE, Berlin-Tempelhof, Kaiserin-Augusta-Str. 24a.
Reichsbahndirektor O. Michel VDE, München 2 NW, Loristr. 9.
Oberbaurat a. D. Dipl.-Ing. O. Wundram VDE, Hamburg 13, Werderstraße 9.

Abschluß des Heftes: 24. November 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 7. Dezember 1939 | Heft 49

Selektiv-, Querschnitts- und Rückstromschutz durch Sicherungen in einsystemig gespeisten Maschennetzen.

Von P. Denzel VDE, Stuttgart.

DK 621.316.923 : 621.316.13

Übersicht. Maschennetze können ein- und mehrsystemig gespeist werden. Für die Mehrzahl der Maschennetze kommt die einsystemige Speisung in Betracht. In einsystemig gespeisten Maschennetzen kann durch Anwendung der neu entwickelten NM_Q-Sicherungen, deren Aufbau und Wirkungsweise beschrieben wird, ein einwandfreier Schutz der Maschennetzkabel und eine selektive Abschaltung bei Fehlern im Maschennetz erreicht werden. In Verbindung mit diesem Sicherungssystem läßt sich unter Voraussetzungen, die für die meisten Maschennetze gegeben oder leicht herzustellen sind, auch die Abschaltung der rückspeisenden Netztransformatoren bei Fehlern auf der Hochvoltseite der Speisekabel durch normale, auf der Niedervoltseite der Netztransformatoren eingebaute Sicherungen erreichen, so daß ein besonderer Rückwattschutz im Leitungszug der Netztransformatoren nicht mehr notwendig wird. Dadurch wird der Aufbau der Maschennetzstationen billiger und der Betrieb eines Maschennetzes einfacher.

Der systematische Betrieb von Drehstrom-Maschennetzen wurde in Deutschland zuerst von der Bewag aufgenommen[1]). Die dort vorliegenden besonderen Verhältnisse bezüglich der hochvoltseitigen Speisung der Maschennetze führten zur Entwicklung und zum Einbau des Maschennetzschalters und der Maschennetzsicherung. Die wirtschaftliche Anwendung eines in dieser Art aufgebauten Maschennetzes setzt eine gewisse Flächenbelastung voraus, deren untere Grenze im Bericht 16 der deutschen Energiewirtschaft zur Dritten Weltkraftkonferenz zu 1000 kW/km² angegeben wird. Tatsächlich liegt nun die Verbrauchsdichte in den geschlossen überbauten Gebieten vieler Mittel- und Großstädte Deutschlands in dieser Größenordnung, so daß dort die wirtschaftliche Anwendung des Maschennetzes ohne weiteres gegeben wäre. Vermascht betriebene Netze findet man aber in diesen Gebieten nur vereinzelt, wobei vielfach die Maschennetzbezirke so klein gehalten und die Einrichtungen der Netzstationen und der Netze so beschaffen sind, daß in ihnen die Vorzüge des Maschennetzbetriebes sich gar nicht auswirken können. Die Mehrzahl der Netze in diesen Gebieten wird noch offen betrieben. Die gestiegene Belastung der letzten Jahre und die weiterhin zu erwartende Steigerung bedingt auch eine erhöhte Leistungsfähigkeit der Netze, die durch den in geschlossen überbauten Gebieten mit geringen Kosten möglichen Zusammenschluß der offen betriebenen Netze erreicht werden könnte. Der Übergang zum Maschennetz wird aber vielfach wegen der befürchteten Komplizierung des Betriebes und der für notwendig gehaltenen teuren Ausrüstung der Maschennetzstation abgelehnt. Eine Vereinfachung der Einrichtungen zur einwandfreien Versorgung der Maschennetze ist anzustreben. Sie ist auch bei der Art der hochvoltseitigen Speisung für die Mehrzahl der Niedervoltnetze in Deutschland möglich.

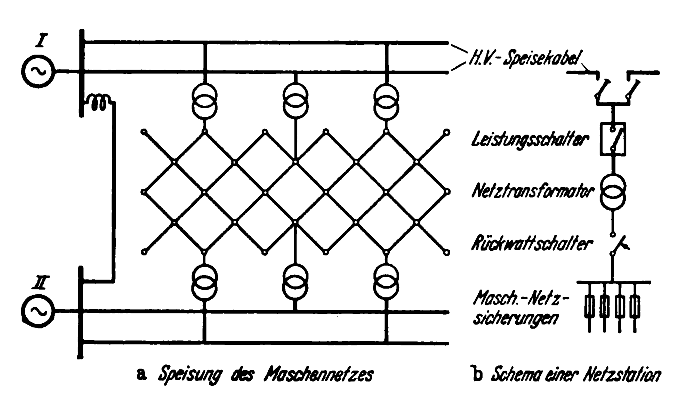
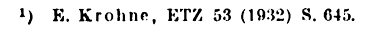


Abb. 1. Mehrsystemig gespeistes Maschennetz.

Die zweckmäßige Gestaltung der Anlagen zur einwandfreien Versorgung eines Maschennetzes ist von der Schaltung des übergeordneten Hochspannungsnetzes abhängig. Die hochvoltseitige Speisung der Maschennetze kann ein- oder mehrsystemig erfolgen. Die mehrsystemige Speisung eines Maschennetzes (Abb. 1) wird vor allem besonders wichtigen Verbrauchergebieten mit sehr großer Flächenbelastung in wenigen Großstädten Deutschlands vorbehalten bleiben. Im mehrsystemig gespeisten Maschennetz wird bei jedem hochvoltseitigen Fehler im System I infolge der praktisch vollerhaltenen Spannung im System II die Fehlerstelle über das Maschennetz durch das System II vom Beginn des Fehlers stark gespeist, was das Durchgehen von Sicherungen im Maschennetz zur Folge haben kann. Weiterhin treten im mehrsystemig gespeisten Maschennetz Ausgleichsströme über das Maschennetz bei Lastschwankungen an einem der beiden Systeme auf. Zur Verhütung der Folgen dieser Erscheinungen müssen die Netzstationen im mehrsystemig gespeisten Maschennetz mit einem auf verhältnismäßig kleine Rückströme ansprechenden Maschennetzschalter mit selbsttätiger Wiedereinschaltvorrichtung ausgerüstet werden.



[1]) E. Krohne, ETZ 53 (1932) S. 645.

Digitized by Google

In Deutschland wird für die Mehrzahl der Netze die einsystemige Speisung verwendet. Bei der einsystemigen Speisung eines Maschennetzes nach Abb. 2 tritt bei einem hochvoltseitigen Fehler — im Gegensatz zum mehrsystemig gespeisten Maschennetz — eine Rückwirkung über das Maschennetz nur auf, wenn das fehlerbehaftete Kabel selbst an der Speisung des Maschennetzes beteiligt ist.

Da bei einem Fehler auf einem solchen Speisekabel das ganze Hochvoltsystem auf die gleiche Spannung absinkt, setzt die Speisung der Fehlerstelle über das Maschennetz erst mit der hochvoltseitigen Abschaltung des fehlerhaften Kabels ein. Sie erfolgt jedoch nur über die wenigen direkt an dem fehlerhaften Kabel hängenden Netzstationen. Infolgedessen sind in diesem Fall die Rückströme über das Maschennetz verhältnismäßig klein; auch können Rückströme infolge Lastschwankungen beim einsystemig versorgten Maschennetz nicht auftreten. Im einsystemig gespeisten Maschennetz müssen also die an einem schadhaft gewordenen Abnehmerkabel hängenden Netzstationen nicht sofort beim Auftreten des Fehlers abgeschaltet werden. Dementsprechend genügt hierfür ein einfacher auf Rückstrom ansprechender Ausschalter oder die für diesen Zweck neu entwickelte steuerbare Sicherung auf der Niedervoltseite der Netztransformatoren[2]). Unter bestimmten Voraussetzungen, auf die später noch eingegangen wird, kann im einsystemig gespeisten Maschennetz auch auf den einfachen Rückwattschalter oder auf die steuerbare Sicherung verzichtet werden. Die Ausrüstung der Netzstationen soll möglichst einfach sein. Man wird deshalb auch im Maschennetz den Kurzschlußschutz der Netztransformatoren den heute auf dem Markt befindlichen hochwertigen Hochspannungssicherungen übertragen und für die Last- oder Leerlaufabschaltung der Netztransformatoren den wesentlich billigeren Leistungstrennschalter benutzen.

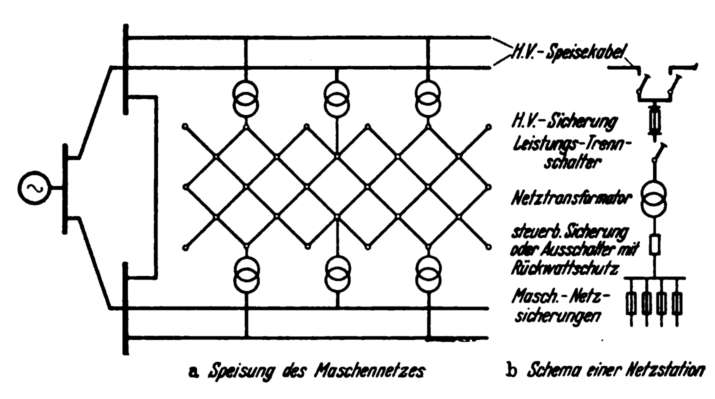


Abb. 2. Einsystemig gespeistes Maschennetz.

Einer der Hauptvorteile des Maschennetzes ist seine hohe Betriebssicherheit; sie ist jedoch nur vorhanden, wenn ein einwandfreier Schutz der Niedervoltleitungen und eine selektive Abschaltung bei auftretenden Fehlern im Niedervoltnetz gewährleistet ist. Im Maschennetz sind die Kurzschlußströme größer als im Strahlennetz. Es können jedoch auch in Maschennetzen verhältnismäßig kleine Kurzschlußströme auftreten, insbesondere wenn sie empirisch aufgebaut oder aus früheren Strahlennetzen entstanden sind, in denen dann vielfach auch Leiter mit kleinen und nicht einheitlichen Querschnitten anzutreffen sind.

In Abb. 3 sind die Kurzschlußströme eingetragen, die beim dreipoligen Kurzschluß an verschiedenen Punkten in einem quadratischen Maschennetz mit einer Seitenlänge von 1 km auftreten. Der Querschnitt der Vierleiterkabel des Maschennetzes wurde zu 3 × 95/50 mm² Cu, der Knotenpunktabstand zu 250 m angenommen; das ganze Maschennetz werde durch neun Netzstationen gespeist, deren gegenseitiger Abstand 500 m beträgt. Um den Einfluß der Größe der Netztransformatoren auf die Größe der auftretenden Kurzschlußströme zu zeigen, sind an jeder Kurzschlußstelle zunächst drei Werte angegeben,

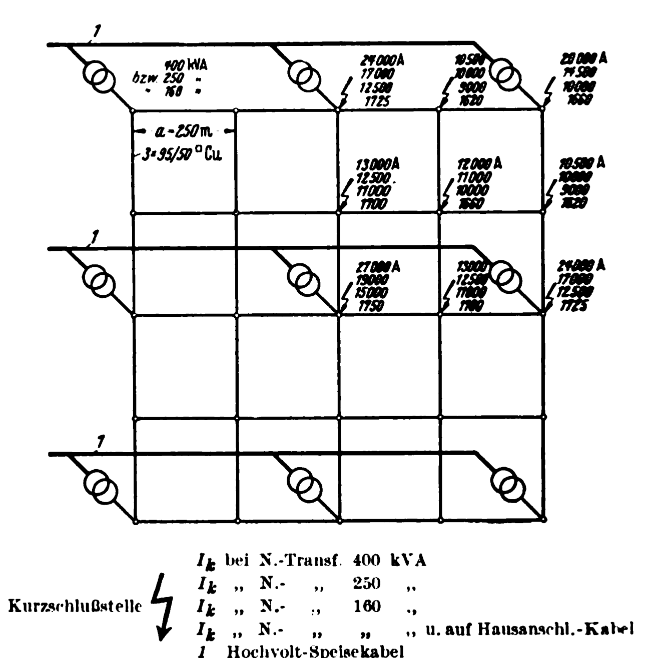


Abb. 3. Kurzschlußströme im Maschennetz bei verschiedener Netz-Transformatoren-Leistung.

die den Kurzschlußströmen bei den Netztransformatorengrößen 400, 250 und 160 kVA entsprechen. Der weiter eingezeichnete kleinste Wert gibt den Kurzschlußstrom bei der Netztransformatorengröße 160 kVA an, welcher bei einem Kurzschluß am Ende eines von der eingezeichneten Kurzschlußstelle ausgehenden Hausanschlußkabels von 100 m Länge mit 4 × 16 mm² Cu auftritt. Die angegebenen Werte sind für die Kurzschlußstellen im Netz unter Zugrundelegung der rein ohmschen Widerstände der Kabel und der Transformatoren mit Hilfe des Netzmodells festgestellt. Für die auf der Niedervoltseite einer Netzstation liegenden Kurzschlußstellen wurde der Kurzschlußstrom ohne den die Kurzschlußstelle direkt speisenden Netztransformator mit dem Netzmodell bestimmt und dem so ermittelten Wert der aus der Kurzschlußspannung des Transformators sich ergebende Kurzschlußstrom hinzugerechnet. Die in Wirklichkeit entstehenden Kurzschlußströme sind wegen der Vernachlässigung der induktiven Widerstände kleiner als die in der Zeichnung angegebenen Werte. Aus der Darstellung geht hervor, daß im Maschennetz

1. Kurzschlußströme über 20 000 A nur bei Netztransformatorengrößen von über 320 kVA je Netzstation in nächster Umgebung der Netzstationen auftreten;
2. die Größe der Kurzschlußströme im Netz bei gleichbleibender Stationszahl von der Netztransformatorenleistung selbst wenig abhängig ist. Maßgebend für die Größe der Kurzschlußströme sind vielmehr die Leiterquerschnitte der Kabel;
3. bei Fehlern auf Hausanschlußkabeln auch verhältnismäßig kleine Kurzschlußströme vorkommen.

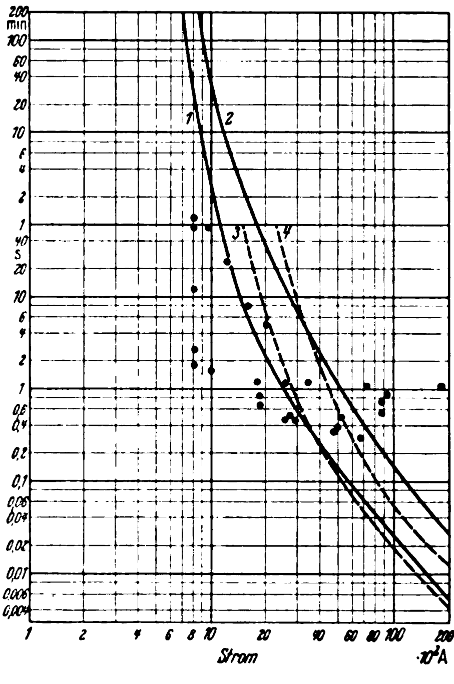
Im Maschennetz wird die Kurzschlußstelle normalerweise von zwei Seiten gespeist; auf jedem der beiden zur Fehlerstelle führenden Leitungsenden fließt nur ein Teilbetrag des Gesamtkurzschlußstromes. Die Verteilung des Gesamtkurzschlußstromes auf die beiden Zuleitungen zur Fehlerstelle richtet sich nach der Lage der Fehlerstelle,

[2]) H. Muth u. K. Zimmermann, ETZ 59 (1938) S. 1257.

Digitized by Google

sie kann sehr verschieden sein. Es kann sowohl der Fall eintreten, daß eines der beiden Kabelenden beinahe den gesamten Kurzschlußstrom führt, ebenso ist aber auch eine etwa hälftige Aufteilung des Gesamtkurzschlußstromes auf die beiden Kabelenden möglich. Dementsprechend können auch im Maschennetz beim Kurzschluß auf einem Hausanschlußkabel die Enden des fehlerhaften Kabels Kurzschlußströme unter 1000 A führen.

Bei der Einführung des Maschennetzbetriebs in Deutschland wurde für die selektive Abschaltung der Fehlerstellen im Maschennetz eine besondere Sicherung, die sog. Maschennetzsicherung, entwickelt. Sie wird am Anfang und Ende der vermascht betriebenen Kabel eingebaut. Die selektive Abschaltung der Fehlerstelle wird bei dieser Sicherung durch die gleiche Kennlinie für alle Sicherungen des vermaschten Netzes erreicht. Infolgedessen schalten die Sicherungen im höchstbelasteten Kabel, welches ja im vermaschten Netz das fehlerhafte Kabel ist, früher als alle anderen nur mit Teilbeträgen des Kurzschlußstromes belasteten Sicherungen ab. Auf den Querschnittsschutz der Leitungen glaubte man bei dieser Maschennetzsicherung verzichten zu können; vor allem wollte man aber wohl damit eine von der Vorbelastung der Sicherung nicht allzu sehr beeinflußte Kennlinie erreichen.



1 Maschennetzsicherung Fabr. A
2 „ „ B
3 Hochvoltsicherung 20 A bez. auf 10 kV
4 „ 30 A „ „ 10 „
• Ausbrennpunkte

Abb. 4. Kennlinien von Maschennetz- und von Hochvoltsicherungen sowie Lage der Ausbrennpunkte.

In Abb. 4 sind die Kennlinien von zwei Maschennetzsicherungen entsprechend den Angaben der Lieferfirmen als Linien *1* und *2* angegeben. In der Abb. sind weiterhin die bisher im Fachschrifttum veröffentlichten Ausbrennzeiten bei verschiedenen Kurzschlußströmen für normale Vierleiterkabel[3, 4]) sowie die Kennlinien der für die Absicherung von Netztransformatoren üblicher Größe benutzten Hochspannungssicherungen eingezeichnet. Aus der Lage der Ausbrennpunkte geht hervor, daß bei der Maschennetzsicherung *1* bei Kurzschlußströmen unter 3000 A und bei der Maschennetzsicherung *2* bei Kurzschlußströmen unter etwa 6000 A ein Ansprechen nicht möglich ist. Da der Kurzschlußstrom sich im Maschennetz jeweils auf zwei Leitungsenden verteilt, kann auch bei noch größeren Kurzschlußströmen ein Nichtansprechen der beiden die Fehlerstellen begrenzenden Sicherungen eintreten. Im günstigsten Fall brennt bei größeren Fehlerströmen nur eine der beiden die Fehlerstelle begrenzenden Sicherungen durch. Auch bei ganz großen Kurzschlußströmen, wo das Ansprechen der beiden die Fehlerstelle begrenzenden Sicherungen am ehesten zu erwarten wäre, ist das Durchgehen nur einer Sicherung wahrscheinlich, da große Kurzschlußströme nur in der Nähe der Netzstation auftreten, wobei aber das von der Netzstation unmittelbar zur Fehlerstelle führende Kabel den Hauptanteil des Gesamtkurzschlußstromes führt. Die erwartete selektive Abschaltung der Fehlerstelle wird daher mit der bisherigen Maschennetzsicherung nur in Ausnahmefällen erreicht werden können. Auch ist die Maschennetzsicherung wegen ihrer hohen Abschaltzeiten in Netzen, deren Netztransformatoren hochvoltseitig mit Sicherungen ausgerüstet sind, nicht zu verwenden, da bei Kurzschlüssen in der Nähe einer Netzstation, bei welchen der Kurzschlußstrom hauptsächlich von dieser einen Netzstation geliefert wird, mit dem Durchgehen der Hochvoltsicherungen zu rechnen ist.

Die aus Abb. 4 gefolgerten Erkenntnisse werden durch die praktische Erfahrung bestätigt. So wird z. B. von der Bewag angegeben, daß von vier im abgesicherten Maschennetz aufgetretenen Fehlern drei zum Ansprechen keiner Sicherung und ein Fehler zum Ansprechen von nur einer Sicherung geführt haben[5]). Die logische Schlußfolgerung aus diesen Tatsachen war das Weglassen der Sicherungen überhaupt und damit der Übergang zum reinen Ausbrennetz, der ja von der Bewag auch vollzogen wurde. Das Ausbrennverfahren hat jedoch folgende Nachteile:

1. Unter Verwendung von normalen Vierleiterkabeln brennen bei der üblichen Netzspannung 400 V die Fehlerstellen nur einwandfrei aus bei Kurzschlußströmen zwischen 2000 und 20 000 A. Bei Strömen unter 2000 A ist mit Rückzündungen zu rechnen, bei Strömen über 20 000 A wird der Lichtbogen nicht mehr einwandfrei gelöscht. Der Kurzschlußstrom muß daher durch den Einbau von Drosselspulen auf Werte unter 20 000 A begrenzt werden.
2. Die Fehlerstelle ist im Maschennetz nicht zu erkennen, wenn sie auf einem vermaschten Kabel zwischen zwei Hausanschlußabgängen liegt. Eine solche im Boden liegende ausgebrannte Fehlerstelle wird nach einiger Zeit wieder als Fehler auftreten. Dadurch kommt eine unerwünschte Fehlerhäufigkeit zustande.
3. Der Ausbrennvorgang dauert bei großen Kurzschlußströmen, wie sie vor allem bei Fehlern in der Nähe einer Netzstation zustande kommen und die infolgedessen hauptsächlich von dieser Netzstation aus gespeist werden, 1 s und mehr. Dabei ist mit dem Durchgehen der Sicherungen auf der Hochvoltseite der Netztransformatoren zu rechnen.

Aus den angegebenen Gründen wird man deshalb vor allem in Maschennetzen in Gebieten niedriger Flächenbelastung auf die Absicherung der vermaschten Leitungen nicht verzichten können. Ebenso wird die Absicherung der Leitungen technisch besser und wirtschaftlicher sein als etwa die Anwendung für das Ausbrennverfahren besonders geeigneter Kabel.

An eine für den Schutz der Leitungen und für die Abschaltung von Fehlern im Maschennetz wirklich ge-

[3]) H. Freiberger, Elektrizitätswirtsch. 29 (1930) S. 282.
[4]) W. v. Mangoldt, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 41.

[5]) E. Bach, Diskussionsbeitrag zu v. Mangoldt, Fußnote 4.

Digitized by Google

eignete Sicherung sind nun folgende Forderungen zu stellen:

1. Die Sicherung muß bei auftretenden Kurzschlüssen tatsächlich auch ansprechen und die Fehlerstelle möglichst selektiv abschalten.
2. Die Sicherung muß mit Rücksicht auf die im Maschennetz möglichen geringen Fehlerströme einen einwandfreien Querschnittsschutz der Kabel — auch bei Verwendung von Kabeln mit verschiedenen Leiterquerschnitten — gewährleisten.
3. Die Sicherung muß mit Rücksicht auf den einfachen Ausbau der Netzstationen die Fehler in so kurzer Zeit abschalten, daß das Durchgehen der Hochleistungssicherungen auf der Hochvoltseite der Netztransformatoren mit Sicherheit vermieden wird.

Die Erfüllung dieser Forderungen bedingt ein Sicherungssystem, dessen Kennlinien im Bereich der kleinen Überlastungen einen verschiedenen, der Belastungsfähigkeit der jeweiligen Leiterquerschnitte angepaßten, im Bereich der großen Überlastungen aber einen gemeinsamen Verlauf aufweisen, wobei der gemeinsam verlaufende Teil der Kennlinie unterhalb der Kennlinien der für die Absicherung von Netztransformatoren gebräuchlichen Hochleistungssicherungen liegen muß. Da ein diesen Forderungen genügendes Sicherungssystem nicht vorhanden war, mußte es neu entwickelt werden.

Das neu entwickelte Sicherungssystem, für das die Typenbezeichnung NM_q — Netzsicherung für Maschennetze mit Querschnittsschutz — gewählt wurde, besitzt einen sehr einfachen Aufbau. Durch eine gleich wirksame Kurzschlußschmelzstelle wird bei allen Sicherungen der geforderte gemeinsame Verlauf der Kennlinien im Kurzschlußbereich erreicht, während die verschiedenen Nennstromstärken der Sicherungen durch eine voneinander abweichende Bemessung des übrigen Teils der Schmelzleiter der Sicherungen erhalten werden. Wegen der genauen Einhaltung der Kennlinien und wegen der erforderlichen Schaltleistung kommt für NM_q-Sicherungen nur die geschlossene Ausführung in Betracht.

Die durch Versuch festgestellten Kennlinien solcher Sicherungen für die Nennstromstärken 125 und 225 A sind in Abb. 5 wiedergegeben. Die gestrichelt gezeichnete Fortsetzung des unteren Teils der aufgenommenen Kennlinien bezieht sich auf einen konstant angenommenen Kurzschlußstromverlauf. Die Kennlinie einer solchen Sicherung mit einer von der Kurzschlußschmelzstelle getrennten Überstromschmelzstelle weist einen kleinen Knick auf, unterhalb dessen die Überstromschmelzstelle und oberhalb dessen die Kurzschlußschmelzstelle anspricht. Eine derartige Ausführung der Sicherung ergibt eine wesentlich geringere Veränderung der Kennlinie durch eine Vorbelastung gegenüber einer Sicherung mit einer gemeinsamen Überstrom- und Kurzschlußschmelzstelle.

In Abb. 5 sind einige Versuchspunkte eingezeichnet, die sich bei der Kurzschlußabschaltung der Sicherung mit der Nennstromstärke 125 A nach einstündiger Vorbelastung mit dem 1,3fachen Nennstrom ergaben. Die Abschaltzeit der vorbelasteten Sicherung liegt nur um etwa 10 % niedriger als die der nicht vorbelastet gewesenen Sicherung 125 A.

In empirisch aufgebauten oder aus einem Strahlennetz entstandenen Maschennetzen muß mit dem Vorhandensein verschiedener Leiterquerschnitte gerechnet werden. Üblicherweise kommen in solchen Netzen Leiterquerschnitte zwischen 35 und 120 mm² vor. Nach der Zahlentafel 1 sind für die Absicherung dieser Querschnitte geschlossene Sicherungen mit den Nennstromstärken von 125 bis 225 A zu wählen. Für diesen Nennstrombereich wird die selektive Abschaltung der Fehlerstelle durch den auseinanderstrebenden Verlauf der Kennlinien im Bereich der kleinen Kurzschlußströme nicht gefährdet. Nimmt man z. B. als ungünstigsten Fall einen

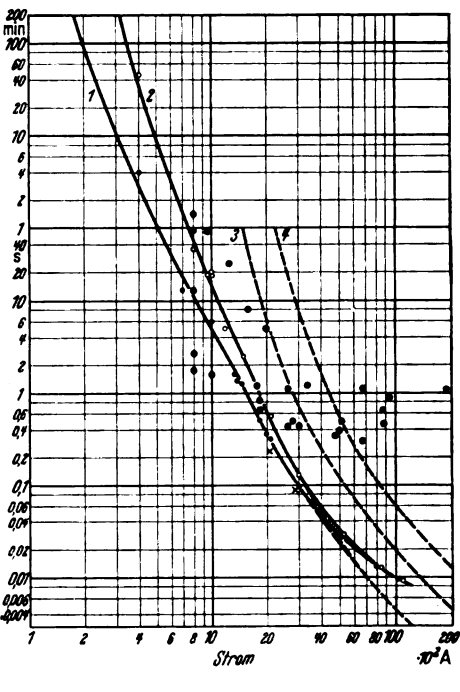
Zahlentafel 1. Absicherung von Vierleiterkabel.

Querschnitt	3 · 25/10	3 · 35/16	3 · 50/25	3 · 70/35	3 · 95/50	3 · 120/70	mm²Cu
zul. Dauerbelastung nach VDE 0255	125	150	185	230	270	305	Amp.
Nennstromstärke der geschl. Sicherung	100	125	125	160	200	225	Amp.

Grenzstromstärke der geschl. Sicherung: 1,2 — 1,3 · Nennstromstärke

Nennstromstärke der erforderlichen Sicherung: $\approx \frac{\text{zulässige Dauerbelastung}}{1{,}25}$

Kurzschluß auf einem 95 mm²-Kabel an, bei dem über ein Kabelende ein Kurzschlußstrom von nur 2000 A auf die Fehlerstelle zufließt, so würde die Abschaltzeit der entsprechenden 200 A-Sicherung rd. 0,7 s betragen. Unter den drei Kabeln, die am Vermaschungspunkt das fehler-



1 NM_q-Sicherung 125 A
2 NM_q- „ 225 A
3 Hochvoltsicherung 20 A bez. auf 10 kV
4 „ 30 A „ „ 10 „
• Versuchspunkte NM_q — 125 A
× „ NM_q — 125 mit Vorbelastung
○ „ NM_q — 225 A
● Ausbrennpunkte

Abb. 5. Kennlinien der NM_q-Sicherungen 125 und 225 A, der Hochvoltsicherungen sowie Lage der Ausbrennpunkte.

hafte Kabel speisen, befinde sich ein solches mit dem Querschnitt 35 mm² und sei dementsprechend durch eine Sicherung mit der Nennstromstärke 125 A geschützt. Der Fehlerstrom auf dem schadhaften Kabel ist gleich der Summe der Ströme auf den ankommenden Kabeln am Vermaschungspunkt. Bei gleichmäßiger Verteilung würde dementsprechend auf eines der ankommenden Kabel ein Strom von rd. 700 A entfallen. Es sei jedoch der unwahrscheinliche Fall angenommen, daß das 35 mm²-Kabel einen Strom von 1400 A führe. Bei diesem Strom beträgt die Ansprechzeit der 125 A-Sicherung rd. 1,4 s; sie ist also immer noch etwa doppelt so hoch wie die Abschaltzeit der die Fehlerstelle unmittelbar begrenzenden Sicherung mit der Nennstromstärke 200 A. Da nun üblicher-

Digitized by Google

weise die Leiter mit den höheren Querschnitten von den Netzstationen ausgehen, wirkt sich die durch die auseinanderstrebenden Kennlinien ergebende Abstufung der Ansprechzeiten sogar noch im Sinne der Sicherheit einer selektiven Abschaltung aus.

In Abb. 5 sind weiterhin wieder die Ausbrennpunkte für normale Vierleiterkabel sowie die Kennlinien der für die Absicherung der Netztransformatoren gebräuchlichen Hochvoltsicherungen eingetragen. Zunächst sieht man, daß die Mehrzahl der Ausbrennpunkte oberhalb der Kennlinie der NM_q-Sicherung liegt. Vor allem aber verläuft die Kennlinie der NM_q-Sicherung im Bereich der größeren Kurzschlußströme gegenüber den Ausbrennpunkten so tief, daß eine beiderseitige Abschaltung der Fehlerstelle durch die NM_q-Sicherung gewährleistet ist. Größere Kurzschlußströme sind aber vor allem bei Fehlern auf dem vermaschten Kabel zu erwarten. Bei Verwendung der NM_q-Sicherungen können infolgedessen nicht bemerkbare Ausbrennstellen im Netz nicht mehr entstehen. Auch bei kleineren Kurzschlußströmen, wie sie bei Fehlern auf den Hausanschlußkabeln auftreten, ist immer mit dem Durchgehen von wenigstens einer Sicherung zu rechnen, so daß in Verbindung mit dem gestörten Abnehmer die Fehlerstelle stets einwandfrei gekennzeichnet ist. Bei noch kleineren Fehlerströmen, bei denen die Fehlerstellen überhaupt nicht mehr ausbrennen, wird eine die Lebensdauer der Kabel herabsetzende Überlastung mit Sicherheit vermieden. Durch die Lage der Kennlinien der NM_q-Sicherungen gegenüber den Kennlinien der Hochvoltsicherungen wird weiterhin die Abschaltung eines Netzfehlers vor dem Ansprechen der Transformatorensicherung mit Sicherheit gewährleistet. Die NM_q-Sicherung erfüllt somit weitgehend die für eine geeignete Maschennetzsicherung aufgestellten Forderungen.

Zur Abschaltung der rückwärtsspeisenden Netztransformatoren bei einem Fehler auf einem Hochvoltspeisekabel wurde bisher auch im einsystemig gespeisten Maschennetz der auf einen Rückstrom ansprechende einfache Maschennetzschalter oder die durch einen Rückstrom ausgelöste Sicherung vorausgesetzt. Einschließlich der erforderlichen Rückwattrelais dürften die Aufwendungen für einen solchen Rückstromschutz immerhin 800 bis 1000 RM für einen Netztransformator betragen. Unter bestimmten Voraussetzungen läßt sich nun im einsystemig gespeisten Maschennetz die Abschaltung der auf eine hochvoltseitige Fehlerstelle rückspeisenden Netztransformatoren durch normale, auf der Niedervoltseite der Netztransformatoren eingebaute Sicherungen unter Einhaltung der sonst an diese Sicherungen zu stellenden Bedingungen erreichen. Die Sicherung auf der Niedervoltseite der Netztransformatoren muß zunächst einmal die volle Belastbarkeit der Netztransformatoren gestatten. Sie kann also in ihrer Grenzstromstärke für den 1,5- bis 2fachen Nennstrom der Transformatoren ausgelegt werden. Im übrigen muß ihre Kennlinie zwischen der Kennlinie der Hochvoltsicherung und der Kennlinie der Maschennetzsicherung liegen entsprechend der verlangten Abstufung bei der normalen Speisung des Maschennetzes. Diese Sicherung soll nun bei der rückwärtigen Speisung aus dem Maschennetz abschalten, bevor die Sicherungen auf der Niedervoltseite in den das Maschennetz speisenden Netzstationen oder im Netz selbst ansprechen.

Bei der Rückspeisung auf einen Fehler im Hochvoltkabel sind die Sicherungen auf der Niedervoltseite der Transformatoren in den wenigen am schadhaften Speisekabel hängenden rückspeisenden Netzstationen immer mit der Summe der Fehlerströme belastet, die von den übrigen in das Maschennetz einspeisenden Netztransformatoren ausgehen. Die Sicherungen der rückspeisenden Netztransformatoren sind also höher belastet als die Sicherungen der einspeisenden Netztransformatoren. Der über jeden rückspeisenden Transformator fließende Strom wird der rückspeisenden Netzstation über wenigstens vier Maschennetzkabel zugeführt; die Netzsicherungen in den von den Netzstationen ausgehenden Maschennetzkabeln führen daher immer nur Teilbeträge der über die rückspeisenden Transformatoren fließenden Ströme. Legt man nun die Kennlinie der Sicherung auf der Niedervoltseite der Netztransformatoren nicht allzu hoch über die Kennlinie der NM_q-Sicherung, so erreicht man infolge der beschriebenen Stromverteilung das Durchgehen der Sicherungen auf der Niedervoltseite der rückspeisenden Netztransformatoren, bevor irgendwelche anderen Sicherungen ansprechen.

Als Beispiel ist in Abb. 6 die mit dem Netzmodell ermittelte Stromverteilung bei hochvoltseitigem Kurzschluß auf zwei verschiedenen Hochvoltkabeln eingetragen, wie sie sich nach der hochvoltseitigen Abschaltung der Fehlerstellen einstellt. Wegen der kleinen Impedanz der

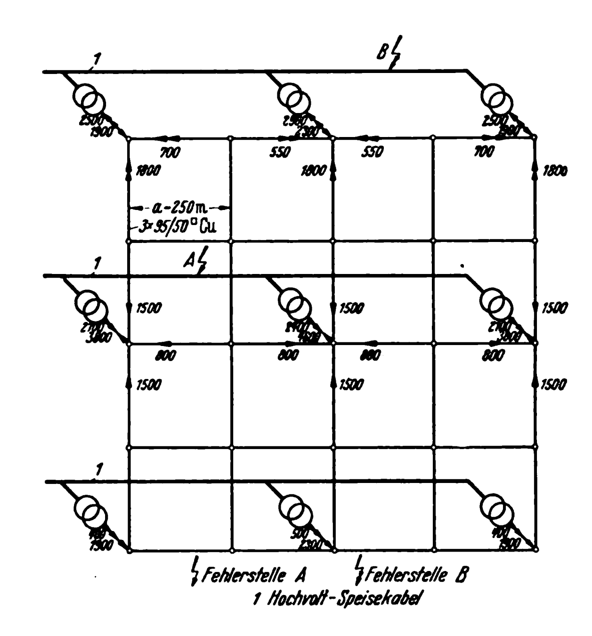


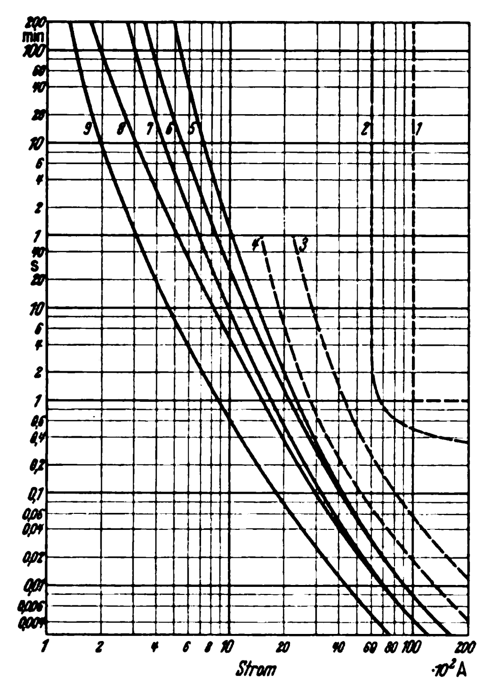
Abb. 6. Stromverteilung im Maschennetz bei Kurzschluß auf einem Hochvolt-Speisekabel.

Hochvoltkabel im Vergleich zur Impedanz der Netztransformatoren und der Niedervoltkabel spielt dabei die Lage der Fehlerstellen auf dem Hochvoltkabel selbst praktisch keine Rolle. In Abb. 7 sind die Kennlinien der sämtlichen Schutzeinrichtungen eines einsystemig gespeisten und von der Hochvoltseite der Netztransformatoren an ausschließlich mit Sicherungen versehenen Maschennetzes wiedergegeben.

Beim Fehler A wird die mit dem höchsten Rückspeisestrom belastete Netzstation *5* nach 0,06 s abgeschaltet, die beiden weiteren an der Rückspeisung beteiligten Stationen nach 0,1 s. Demgegenüber ist die Abschaltzeit der am meisten an der Speisung beteiligten Netzstationen rd. 1 s und die der am höchst belasteten Netzsicherungen 1,2 bis 2,2 s. Auch bei dem sehr ungünstig liegenden Fehler B erfolgt die Abschaltung noch einwandfrei. In der rückspeisenden Station *2* spricht die Sicherung nach 0,3 s an, in den beiden anderen rückspeisenden Netzstationen *1* und *3* nach rd. 0,6 s. Da nach der Abschaltung der Sicherung in der Netzstation *2* die Fehlerstromverteilung sich so ändert, daß der Strom in der speisenden Station *4* sinkt, während der Fehlerstrom in den beiden rückspeisenden Stationen *1* und *3* ansteigt, ist das Ansprechen der Sicherungen in den Stationen *1* und *3* vor der Sicherung in der Station *4* mit Sicherheit zu erwarten. Ebenso liegt die Abschaltzeit der höchstbelasteten Netzsicherung mit 1 s höher als die Abschalzeit der Sicherungen in den rückspeisenden Netzstationen.

Digitized by Google

Im Fehlerfall B wurde das Speisekabel absichtlich an den Rand des Maschennetzes gelegt; in Wirklichkeit wird man die Netzstationen nie an den äußersten Punkten des Maschennetzes einspeisen lassen. Der Fehlerfall B dürfte somit den hinsichtlich der Stromverteilung bei einer Rückspeisung infolge eines hochvoltseitigen Fehlers ungünstigsten Fall darstellen, bei dem aber — wie nachgewiesen — die rückspeisenden Netzstationen noch richtig abgeschaltet werden. Es ergibt sich also die Tatsache,



1 Selektiv-Relais 2. Stufe
2 Überstr.-Relais im Hochvolt-Speisekabel
3 Hochvolt-Sicherung für Tr. 250 kVA bei 10 kV
4 „ „ „ 160 „ „ 10 „
5 Niedervolt-Sicherung „ „ 250 „
6 „ „ „ 160 „
7 NM_q-Sicherung 200 A
8 NM_q- „ 125 A
9 träge Patrone 100 A für Hausanschlüsse

Abb. 7. Kennlinien der vereinfachten Schutzeinrichtungen eines einsystemig gespeisten Maschennetzes.

daß im einsystemig gespeisten Maschennetz die richtige und kurzzeitige Abschaltung der rückspeisenden Netztransformatoren bei einem hochvoltseitigen Fehler durch normale Sicherungen mit entsprechender Kennlinie auf der Niedervoltseite der Netztransformatoren erreicht werden kann. Voraussetzung für das richtige Arbeiten einer derartigen Sicherungsanordnung im Maschennetz ist:

1. Die Zahl der rückspeisenden Netzstationen muß immer kleiner sein als die Zahl der speisenden Netzstationen. Dies ist der Fall, wenn das Maschennetz über mindestens drei Hochvoltkabel gespeist wird.
2. Die Netzstationen des Maschennetzes dürfen nur mit einem Transformator ausgerüstet sein.

Diese Voraussetzungen sind jedoch beim Betrieb der meisten Maschennetze gegeben. Netzstationen mit einem Netztransformator stellen ja einen der Vorzüge des Maschennetzbetriebes dar, da der Ausfall eines Netztransformators ohne weiteres durch die anderen Netztransformatoren des Maschennetzes gedeckt werden kann. Ebenso würde mit der Versorgung eines Maschennetzes durch nur zwei Hochspannungs-Speisekabel ein anderer Vorteil, nämlich die Verteilung der Netzlast bei Ausfall eines Speisekabels auf die übrigen zahlreicheren Netztransformatoren und die infolgedessen mögliche kleine Bemessung der Netztransformatoren hinsichtlich der Reserve, wegfallen. Aus diesem Grunde wird man die einzelnen Maschennetzbezirke immer so groß machen, daß mindestens drei Hochvoltspeisekabel zu ihrer Versorgung zur Verfügung stehen, wobei diese sowohl zum Anschluß der Netzstationen als auch zum Anschluß der im Gebiet liegenden Großabnehmer benutzt werden können.

Die vorstehende Untersuchung zeigt, daß der einwandfreie und sichere Betrieb von Maschennetzen unter den gemachten Voraussetzungen ohne das bisher den Aufbau des Maschennetzes verteuernde und den Betrieb des Maschennetzes komplizierende Glied — den Rückwattschutz — möglich ist, und zwar mit der üblichen Normalausrüstung der Netzstationen, wie sie z. B. auch der Strahlennetzbetrieb erfordert. Damit sind aber Bedenken gegen den Maschennetzbetrieb nicht mehr gerechtfertigt. Auch dürfte infolge des einfachen Aufbaues der Maschennetzstationen der Maschennetzbetrieb in geschlossen überbauten Gebieten mit einer Flächenbelastung unter 1000 kW/km² wirtschaftlich werden.

Zusammenfassung.

Bei der für die Mehrzahl der Maschennetze in Deutschland in Betracht kommenden Speisung durch ein starr gekuppeltes Hochvoltsystem — die einsystemige Speisung — ergeben sich Vereinfachungen im Aufbau und Betrieb der Maschennetze. Zunächst wird nachgewiesen, daß in Maschennetzen in Gebieten niedriger Flächenbelastung auch verhältnismäßig kleine Kurzschlußströme auftreten können. Die bisherige Maschennetzsicherung gewährt keinen Querschnittsschutz; auch bewirkt sie infolge der Lage ihrer Kennlinie wegen der kürzeren Ausbrennzeiten der Kabel nur in Ausnahmefällen die selektive Abschaltung einer Fehlerstelle. Weiterhin ist bei Verwendung der bisherigen Maschennetzsicherung mit dem Ansprechen von Sicherungen auf der Hochvoltseite der Netztransformatoren zu rechnen. Auch das Ausbrennverfahren besitzt vor allem in Gebieten niedriger Flächenbelastung Nachteile, so daß dort die Anwendung von Sicherungen als technisch und wirtschaftlich besser erscheint.

Die Anforderungen an eine wirklich geeignete Maschennetzsicherung werden aufgestellt und ihre Erfüllbarkeit durch ein neu entwickeltes Sicherungssystem nachgewiesen. In Verbindung mit diesem Sicherungssystem läßt sich in Maschennetzen, die durch mindestens drei Hochvoltspeisekabel und durch Netzstationen mit nur einem Netztransformator versorgt werden, durch eine entsprechend bemessene normale Sicherung auf der Niedervoltseite der Netztransformatoren auch eine richtige kurzzeitige Abschaltung der auf einen hochvoltseitigen Fehler rückspeisenden Netztransformatoren erreichen, so daß auf den besonderen Rückwattschutz im Leitungszug der Netztransformatoren verzichtet werden kann.

Es ergibt sich somit eine wesentliche Verbilligung der Maschennetzstation, wodurch die Anwendung des Maschennetzbetriebes auch in geschlossen überbauten Gebieten mit geringerer Flächenbelastung wirtschaftlich wird.

Digitized by Google

Wesen und Anwendung der Amplituden-, Phasenwinkel- und Frequenzmodelung.

Von E. C. Metschl VDE, Berlin.

(Schluß von S. 1361.)

DK 621.396.216

Graphische Darstellung der Modelungsvorgänge.

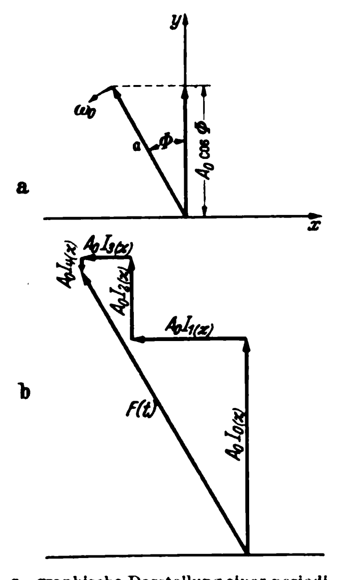
Für die graphische Veranschaulichung der vorstehend mathematisch behandelten Modelungsvorgänge geht man am besten von den folgenden geschlossenen Ausdrücken aus:

$$F(t) = A_0 (\cos \omega_0 t + M \cos \omega_m t \cos \omega_0 t) \qquad (13)$$
(Amplitudenmodelung)

$$F(t) = A_0 (\cos \omega_0 t - \Phi \sin \omega_m t \sin \omega_0 t) \qquad (14)$$
(Phasenwinkelmodelung)

$$F(t) = A_0 (\cos \omega_0 t - \varkappa \sin \omega_m t \sin \omega_0 t). \qquad (15)$$
(Frequenzmodelung)

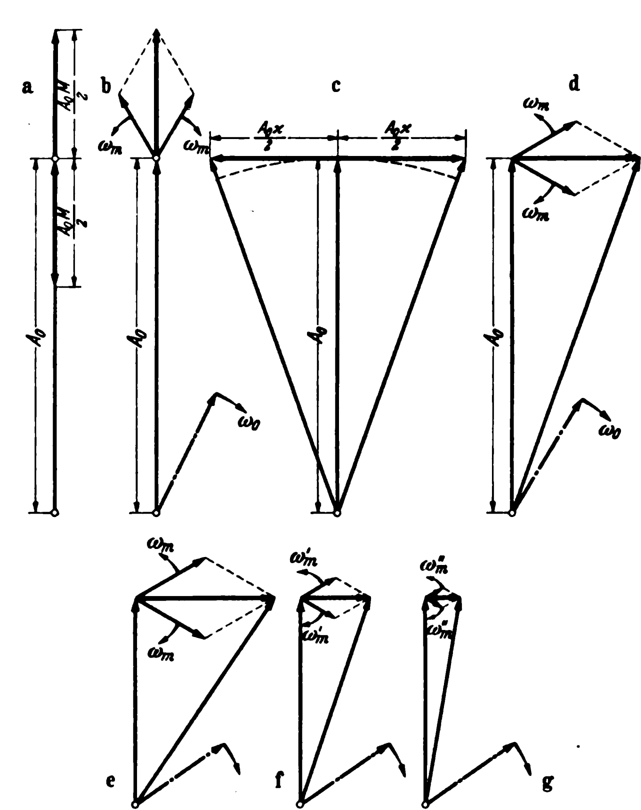
Die zeitlich Veränderliche soll der Strom sein. Er setzt sich im Fall der Amplitudenmodelung aus zwei mit der Winkelgeschwindigkeit ω_0 umlaufenden Komponenten zusammen, deren erste, die Trägerkomponente, gleichbleibend groß ist, während die zweite, die sog. Modelungskomponente, im Rhythmus der Modelungsfrequenz ihre Amplitude ändert. Da man es mit Wechselstromkomponenten, also mit gerichteten Größen zu tun hat, ist die Addition graphisch vorzunehmen. Im Fall der Amplitudenmodelung sind beide Komponenten in jedem Augenblick in Phase (beide enthalten den Faktor $\cos \omega_0 t$); es addiert sich damit zur Trägerschwingung unveränderlicher Größe eine pulsierende Schwingung im Sinn der Abb. 5a. Zur Vereinfachung der zeichnerischen Darstellung ist hier die Winkelgeschwindigkeit ω_0 auf die Zeitachse übertragen, so daß der Trägerzeiger als feststehend betrachtet werden kann. Gebraucht man den in der Elektrotechnik vielfach angewandten Satz, daß sich ein Zeiger, der unter Beibehaltung seiner Richtung nur seine Größe nach einem Sinusgesetz mit der Frequenz f_m ändert, als Resultierende aus zwei Zeigern der halben Größe darstellen läßt, die mit der Winkelgeschwindigkeit ω_m gegensinnig umlaufen, so ergibt sich die in Abb. 5b wiedergegebene Darstellungsweise des Vorgangs der Amplitudenmodelung, die sich auch nach der im vorigen Abschnitt durchgeführten trigonometrischen Zerlegung des geschlossenen Ausdruckes als richtig erweist und der Seitenbanddarstellung entspricht.



a graphische Darstellung einer periodischen Funktion
b graphische Darstellung der Frequenzmodelung für $\varkappa = 1$

Abb. 4.

Im einfachsten Fall, daß der Wobbelhub der Phasenwinkelmodelung $\Phi < 0{,}5$ (im Gradmaß $< 30°$) oder der Index der Frequenzmodelung $\varkappa < 0{,}5$ ist, gelten die einfachen Gl. (14) bzw. (15). Das Ergebnis beider Gleichungen kann wieder als die Summe zweier Schwingungen aufgefaßt werden, darstellbar durch zwei Zeiger mit der Winkelgeschwindigkeit ω_0. Zwischen der Trägerschwingung und der ihr überlagerten pulsierenden Schwingung besteht aber sowohl bei der Phasenwinkelmodelung wie bei der Frequenzmodelung ein Phasenunterschied von 90° und es ergibt sich so das in Abb. 5c gezeigte Zeigerbild. Zerlegt man den pulsierenden Modelungszeiger wieder in zwei gegensinnig umlaufende Zeiger der halben Größe, so läßt sich die Phasenwinkelmodelung wie die Frequenzmodelung in Seitenbanddarstellung gemäß Abb. 5d veranschaulichen. Während bei der Phasenwinkelmodelung die Amplitude des Modelungszeigers von der Modelungsfrequenz unabhängig ist, schwankt bei der Frequenzmodelung die Amplitude des Modelungszeigers mit der Modelungsfrequenz. Für drei verschiedene Modelungstöne gleicher Stärke ergeben sich die unterschiedlichen Augenblicksbilder der Abb. 5e, f, g. Man kann die Frequenzmodelung als Phasenwinkelmodelung auffassen, bei der



a Addition von Trägerschwingung und Schwebung bei der Amplitudenmodelung
b Seitenbanddarstellung der Amplitudenmodelung
c Addition von Trägerschwingung und Schwebung bei der Phasenwinkelmodelung
d Seitenbanddarstellung der Phasenwinkelmodelung
e, f, g Zeigerschaubild der Frequenzmodelung bei festem Frequenzhub und einer Modelungsfrequenz von f_m, $2 f_m$, $4 f_m$ (für den gleichen Augenblick)

Abb. 5. Graphische Darstellung der Modelungsvorgänge.

Digitized by Google

die Amplitude des modelnden Tones umgekehrt proportional zu der Frequenz verläuft. Für verschiedene Modelungsfrequenzen ergibt sich bei der Frequenzmodelung entsprechend der Beziehung $\Phi = \Delta f / f_m$ ein von der Modelungsfrequenz und vom Frequenzhub abhängiger Phasenwinkelhub, wie Abb. 6 zeigt. Ist die Bedingung $\varkappa < 0{,}5$

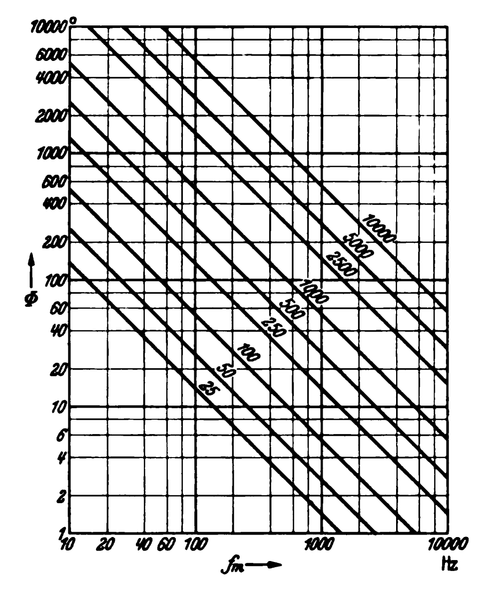


Abb. 6. Phasenwinkelhub Φ bei festem Frequenzhub $\Delta f = 1000$ Hz in Abhängigkeit von der Modelungsfrequenz (Parameter: Trägerfrequenz in kHz).

bzw. $\Phi < 30°$ nicht mehr erfüllt, so treten, wie die Rechnung zeigte, weitere Seitenbandfrequenzen auf, deren Zahl um so größer ist, je größer Φ bzw. $\varkappa$ ist, und die mit der Trägerschwingung teils phasengleich, teils um 90° verschoben sind. Die graphische Addition dieser Seitenbandkomponenten läßt sich im Sinn der Abb. 4 b durch-

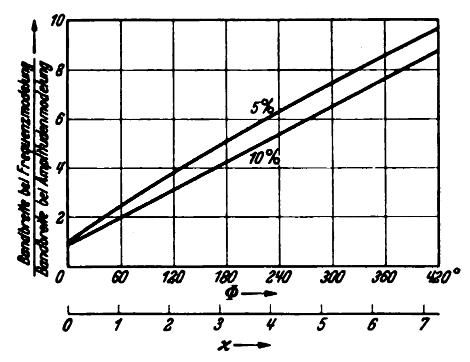


Abb. 7. Verhältnis der Bandbreite bei Frequenz- bzw. Phasenwinkelmodelung zur Bandbreite bei Amplitudenmodelung bei verschiedenem Modelungsindex bzw. Phasenhub.

führen, die für $\varkappa = 1$ bzw. $\Phi = 57{,}3°$ gilt, also unter Bedingungen, bei denen vier Seitenbandkomponenten auftreten, wie man der Abb. 3 b entnehmen kann. Der resultierende Zeiger läuft nun nicht mehr, wie im Fall der Phasenwinkelmodelung mit kleinem Phasenwinkelhub auf einem Kreis um. Von anschaulicher Bedeutung ist schließlich ein Vergleich der bei Amplitudenmodelung zur Übertragung eines beliebigen Tones nötigen Bandbreite mit der bei Phasenwinkelmodelung bzw. Frequenzmodelung mit dem gleichen Ton auftretenden Bandbreite. Unter der Annahme, daß Seitenbandamplituden, die weniger als 5 % bzw. 10 % der unmodulierten Trägeramplitude ausmachen, vernachlässigt werden können, ergibt sich die in Abb. 7 graphisch dargestellte Abhängigkeit des Bandbreitenverhältnisses vom Phasenwinkelhub bzw. vom Modelungsindex. Deutlich sieht man, daß nur bei einer Phasenwinkelmodelung mit einem Phasenwinkelhub von höchstens 30° bzw. bei einer Frequenzmodelung mit einem Index von 0,2 die erforderliche Bandbreite ungefähr so groß ist wie bei Amplitudenmodelung; in diesem Fall kann praktisch mit dem Auftreten einer einzigen Seitenbandkomponente gerechnet werden.

Für die praktische Bedeutung der im vorigen besprochenen Modelungsvorgänge spielt schließlich die Form der Modelungskurve eine ausschlaggebende Rolle, einer Kurve, welche die Änderung der Amplitude, des Phasenwinkels oder der Frequenz in Abhängigkeit von der modelnden Spannung zeigt. Verläuft diese Kurve geradlinig, so ist die Modelung in jedem Fall wirklichkeitstreu. Eine nicht geradlinige Modelungskurve läßt sich in der üblichen Weise durch eine Potenzreihe der Form $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots$ darstellen, wenn y die Änderung der Amplitude, des Phasenwinkels oder der Frequenz bedeutet und x die modelnde Spannung ist; beachtet man, daß für $x = 0$ auch $y = 0$ ist, so erkennt man, daß die Konstante $a_0 = 0$ ist, so daß die Modelungskurve die Gleichung $y = a_1 x + a_2 x^2 + \ldots$ besitzt. Setzt man $x = u_0 \cos \omega_m t$, so sieht man, daß nur bei symmetrischem Kurvenverlauf $[y(x) = -y(x)$, s. Abb. 9$]$ keine Gleichstromkomponente auftritt. Verläuft jedoch die Modelungskurve unsymmetrisch, so tritt eine Gleichstromkomponente auf. Bei Amplitudenmodelung macht sich diese Tatsache als Größenänderung des Trägers und bei Frequenzmodelung als Frequenzänderung des Trägers bemerkbar. Bei der Phasenwinkelmodelung tritt eine Verschiebung der mittleren Phasenwinkellage der gemodelten Schwingung im Vergleich zur ungemodelten Schwingung ein. Allgemein hat die Nichtlinearität der Modelungskurve das Auftreten von Oberschwingungen und damit eine Verzerrung zur Folge, so daß eine im Arbeitsbereich lineare Modelungskurve erforderlich ist.

Im Laufe der vorstehenden Betrachtungen wurde gezeigt, daß sich sowohl die Amplitudenmodelung wie die Phasenwinkelmodelung und die Frequenzmodelung als Summe reiner Sinusschwingungen darstellen läßt. Übrig bleibt noch die Betrachtung der Verhältnisse beim gleichzeitigen Auftreten einer Amplitudenmodelung und Phasenwinkelmodelung bzw. einer Amplidutenmodelung und Frequenzmodelung. Beim gleichzeitigen Auftreten von Amplitudenmodelung und Phasenwinkelmodelung gilt der Ansatz

$$F(t) = A_0 (1 + M \cos \omega_m t) \cos [\omega_0 t + \Phi (\cos \omega_m t + \zeta)], \quad \text{(IV)}$$

wobei der Winkel ζ den Phasenunterschied angibt zwischen dem Eintreten der größten Amplitudenmodelung, die mit $(1 + M \cos \omega_m t)$, und der größten Phasenwinkelmodelung, die mit $\Phi \cos (\omega_m t + \zeta)$ in Rechnung gesetzt ist. Seine Größe ist dadurch bestimmt, daß zur Zeit $t = 0$, also im Augenblick, wo die Amplitudenmodelung ihren größten Wert hat, die Phasenwinkelmodelung den Wert $\Phi \cos \zeta$ hat. Zur Vereinfachung der Rechnung soll im folgenden der Fall betrachtet werden, daß die größte Phasenwinkelabweichung mit der größten Amplitudenabweichung zeitlich zusammenfällt, also $\zeta = 0$ ist. Durch trigonometrische Umformung läßt sich Gl. (IV) in die Form

$$F(t) = A_o \Big\{ \cos (\omega_0 t + \Phi \cos \omega_m t) + \frac{M}{2} \cos [(\omega_0 + \omega_m) t + \Phi \cos \omega_m t] + \frac{M}{2} \cos [(\omega_0 - \omega_m) t + \Phi \cos \omega_m t] \Big\} \quad \text{(IVa)}$$

bringen. Dieser Gleichung entnimmt man, daß bei gleichzeitigem Auftreten von Amplitudenmodelung und Phasenwinkelmodelung sowohl der Träger als auch die durch die Amplitudenmodelung auftretenden Seitenbänder eine Phasenwinkelmodelung erfahren. Zerlegt man den zweiten Faktor der Gl. (IV) in der bekannten Weise in eine Reihe pulsierender Zeiger, deren Länge durch Besselsche Funktionen darstellbar ist, so erkennt man, daß durch die gleichzeitige Amplitudenmodelung und Phasenwinkelmodelung keine anderen Frequenzen als die bei der reinen Phasenwinkelmodelung bereits entstehenden erzeugt werden; die Amplitude der Trägerschwingung ist ebenso wie

Digitized by Google

die Amplitude der Seitenbandschwingungen wegen des zusätzlichen Faktors $(1 + M \cos \omega_m t)$ lediglich noch amplitudenmoduliert. Für kleinen Phasenwinkelhub ergibt sich in graphischer Darstellung das in Abb. 8 a gezeigte Bild; je zwei relativ zum Träger rechts bzw. links umlaufende Seitenbandzeiger addieren sich rechtwinkelig zu zwei Seitenbandschwingungen gleicher Amplitude, die sich zu $\frac{1}{2} A_0 \sqrt{M^2 + \Phi^2}$ errechnet. Die Spitze des Zeigers, der die resultierende Schwingung darstellt, bewegt sich auf einer Geraden, die mit dem Trägerzeiger den Winkel $\delta = \text{arctg}\ \Phi/M$ einschließt. Setzt man $\zeta = 90°$, so nimmt Gl. (IV) die Form an

$$F(t) = A_0 (1 + M \cos \omega_m t) \cos (\omega_0 t - \Phi \sin \omega_m t)\,, \quad \text{(IV b)}$$

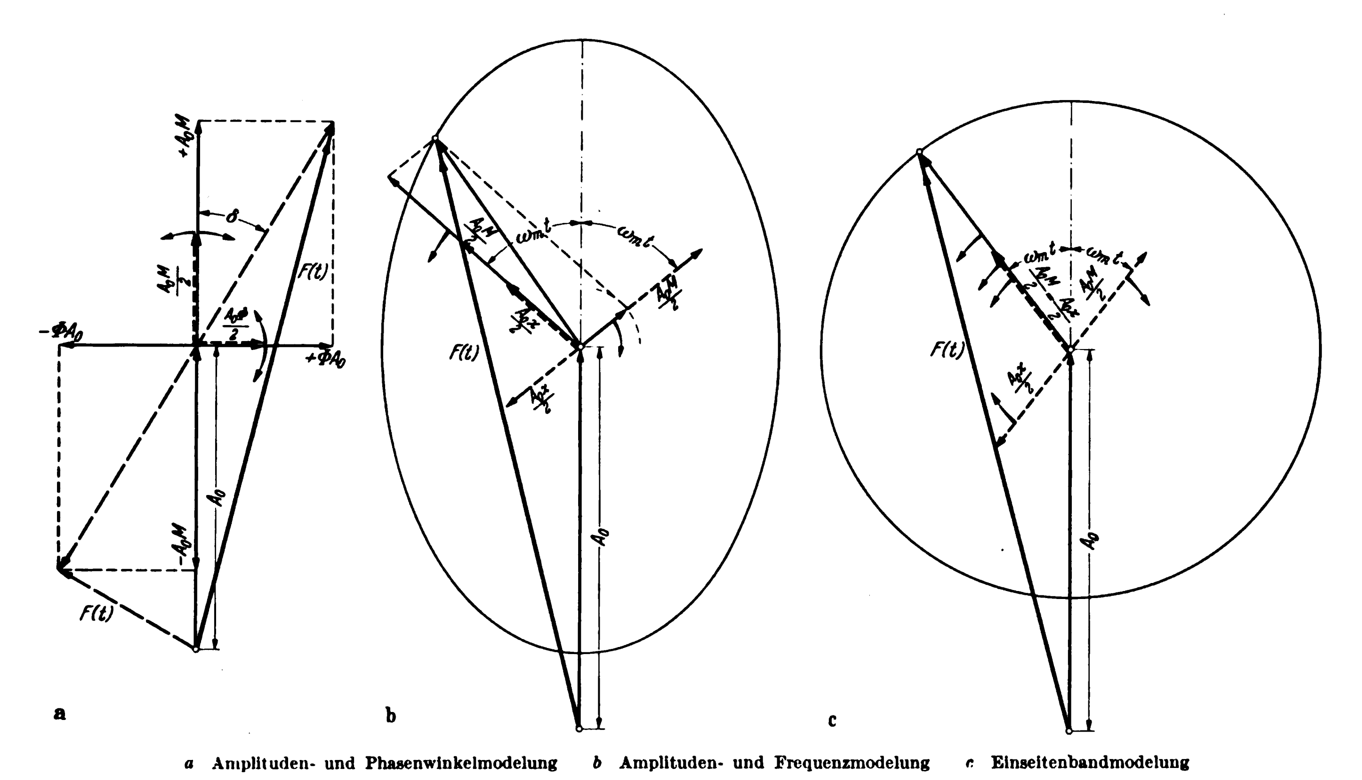
die für $\Phi = \varkappa$, aus dem Term der Amplidutenmodelung und dem Term der Frequenzmodelung besteht und besagt, daß die größte Amplitudenabweichung mit der größten Frequenzabweichung zeitlich zusammenfällt[9]). Die Auflösung des zweiten Faktors dieser Gleichung in eine Reihe harmonischer Komponenten mit Besselfunktionen als Amplituden macht nach dem vorigen keine Schwierigkeiten. Nach Ausmultiplikation und Ordnung nach Harmonischen erkennt man, daß die jetzt auftretenden Seitenbandschwingungen ungleiche Größe haben. Für kleinen Index haben die beiden noch auftretenden Seitenbänder der Frequenz $\omega_0 + \omega_m$ und $\omega_0 - \omega_m$ die Amplituden $1/2\, A_0\, (M + \varkappa)$ bzw. $1/2\, A_0\, (M - \varkappa)$. Zeichnerisch läßt sich bei Beachtung der Tatsache, daß die größte Amplitudenabweichung nun mit der kleinsten Phasenwinkelabweichung, d. h. größten Frequenzabweichung zusammenfallen soll, der Vorgang dieser Gemischtmodelung nach Abb. 8 b darstellen. Es resultieren zwei Seitenbandschwingungen verschiedener Amplitude, die bezüglich des Trägers mit der Winkelgeschwindigkeit ω_m rechts bzw. links umlaufen. Der Endpunkt ihrer Resultierenden bewegt sich auf einer Ellipse, wie Abb. 8 b zeigt. Von besonderem Interesse ist der Fall $M = \varkappa$; in diesem Fall verschwindet das eine Seitenband vollständig. Der Endpunkt des resultierenden Zeigers bewegt sich auf einem Kreis gemäß Abb. 8 c. Es kommt bei dieser Modelungsart zu einer Einseitenbandaussendung, wie sie zum Zweck einer Einschränkung des benötigten Frequenzbandes mitunter angewandt wird. Schließlich ergibt eine Rechnung für den allgemeinen Fall, daß ζ einen Wert zwischen 0 und 90° hat, ebenfalls zwei Seitenbandschwingungen verschiedener Amplitude. Der resultierende Modelungszeiger beschreibt wieder eine Ellipse. Bei kleinem Phasenwinkelhub errechnen sich die Amplituden der Seitenbandschwingungen zu

$$\frac{1}{2} A_0 \sqrt{M^2 + \varkappa^2 + 2 M \varkappa \sin \zeta}$$

für das obere Seitenband und zu

$$\frac{1}{2} A_0 \sqrt{M^2 + \varkappa^2 - 2 M \varkappa \sin \zeta}$$

für das untere Seitenband.



a Amplituden- und Phasenwinkelmodelung *b* Amplituden- und Frequenzmodelung *c* Einseitenbandmodelung

Abb. 8. Graphische Darstellung der Gemischtmodelung.

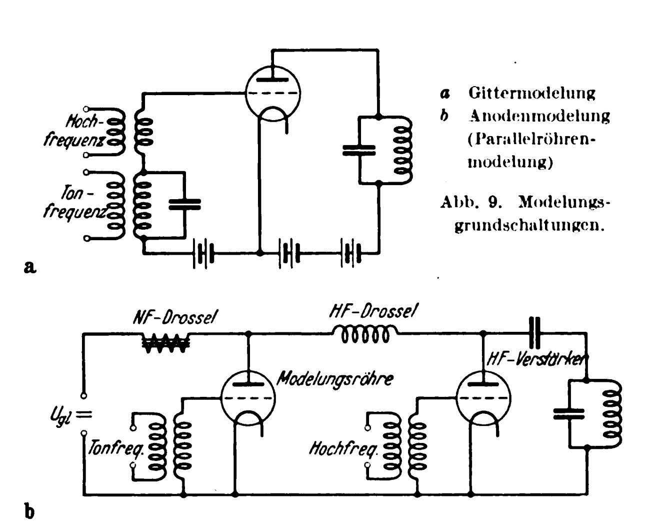
Anwendung der einzelnen Modelungsarten.

Am verbreitetsten in der ganzen drahtlosen Technik ist die Amplitudenmodelung. Sie beherrscht nicht nur das Rundfunkwellengebiet, sondern auch das Kurzwellen- und Ultrakurzwellengebiet und eignet sich noch im Dezimeterwellengebiet sehr gut zu einwandfreier Sprachübertragung, solange der rückgekoppelte Sender zur Schwingungserzeugung brauchbar ist — eine Grenze, die bezüglich technischer Geräte zur Zeit bei etwa 40 cm liegt — und nicht ein hochselektiver Überlagerungsempfänger benutzt wird, so daß die gleichzeitig auftretende Frequenzmodelung keine Rolle spielt. Von den zahlreichen Verfahren der Amplitudenmodelung eines Röhrensenders interessieren heute nur noch die Gittermodelung und die Anodenmodelung. Das Zustandekommen einer Modelung nach dem einen und nach dem anderen der eben genannten Grundverfahren soll im folgenden klargemacht werden, wobei zur schaltungsmäßigen Veranschaulichung nur das grundsätzliche Schaltbild dienen soll, auf das sich die zahlreichen technischen Ausführungsformen stets zurückführen lassen werden.

[9]) Die größte Amplitudenabweichung fällt hier mit der Phasenwinkelabweichung Null zusammen; beim Durchgang des Phasenwinkels durch die Nullage ist aber die relative Winkelgeschwindigkeit am größten, wie am deutlichsten das mechanische Analogon des Pendels zeigt; größte Amplitudenabweichung und größte Frequenzabweichung fallen also hier zusammen.

Digitized by Google

Wesentlich für das Zustandekommen der Seitenbandfrequenzen ist bei jedem Modelungsvorgang das Auftreten einer Nichtlinearität bei der Mischung, da sich bei linearen Vorgängen die einzelnen Frequenzkomponenten ungestört überlagern würden und keine neuen Frequenzen entstehen könnten. Mathematisch ergeben sich also bei einer Modelung die gleichen Verhältnisse wie bei einer Gleichrichtung. Bei Elektronenröhren muß die erforderliche Nichtlinearität im Zusammenhang zwischen der Steuergröße und der gesteuerten Größe, also der Steuerspannung $\mathfrak{u}_{st}$ und dem Anodenstrom $\mathfrak{i}_a$, d. h. in der Kennlinie, zum Ausdruck kommen. Tatsächlich verlaufen nun alle Kennlinien



a Gittermodelung
b Anodenmodelung (Parallelröhrenmodelung)

Abb. 9. Modelungsgrundschaltungen.

einer Röhre stetig gekrümmt; bei Beschränkung auf einen kleinen Bereich läßt sich aber jede stetige Funktion nach dem Taylorschen Satz durch eine quadratische Kurve annähern, indem $\mathfrak{i} = f(\mathfrak{u}) = f(U + u)$ (U Anodengleichspannung, u Anodenwechselspannung) für kleine u-Werte sich in

$$\mathfrak{i} = f(U) + \frac{d\mathfrak{i}}{d\mathfrak{u}} u + \frac{1}{2} \frac{d^2\mathfrak{i}}{d\mathfrak{u}^2} u^2 = I + S u + \frac{1}{2} T u^2 \quad (16)$$

entwickeln läßt[10]) (I Anodengleichstrom, S Steilheit, T Krümmung der Kennlinie), womit die erforderliche Nichtlinearität sich als gegeben erweist. Im folgenden soll nun nur der einfachste Fall betrachtet werden, daß die Amplituden der steuernden Wechselspannungen so klein sind, daß sich die ganzen Vorgänge auf dem in der Kennlinie gegebenen einen Ast einer Parabel abspielen. Weiter wird zur Vereinheitlichung der Darstellung der einfachsten Vorgänge bei der Gitter- und Anodenmodelung von dem Satz[11]) Gebrauch gemacht, daß eine Gitterspannung $\mathfrak{u}_g$ auf den Anodenstrom angenähert dieselbe Wirkung hat, wie eine zusätzliche Anodenspannung der Größe $\mathfrak{u}_g/D$, wenn D der Durchgriff der Röhre ist. Damit kommt man zu Verhältnissen, wie sie bei Zweipolgleichrichtern auftreten und in erster Näherung auch die Vorgänge bei der Modelung veranschaulichen.

Bei der G i t t e r m o d e l u n g legt man an das Steuergitter einer Dreipolröhre gleichzeitig die Trägerfrequenz und die Tonfrequenz, wie Abb. 9 a zeigt. An der Anode wirkt somit bei Kurzschlußbetrieb die Wechselspannung

$$u = \frac{u_1}{D} \sin \omega_0 t + \frac{u_2}{D} \sin \omega_m t,$$

wenn u_1 die Träger- und u_2 die Tonamplitude ist. Wäre die Röhrenkennlinie im Arbeitsbereich geradlinig, die Krümmung T also Null, so hätte der entstehende Anodenstrom die Größe

$$\mathfrak{i} = I + S \left(\frac{u_1}{D} \sin \omega_0 t + \frac{u_2}{D} \sin \omega_m t \right);$$

es käme also keine Modelung zustande. Ein Gleichstrommesser würde, da die Mittelwerte von

$$\frac{u_1}{D} \sin \omega_0 t$$

und von

$$\frac{u_2}{D} \sin \omega_m t \;\left(\text{d. h. } \frac{1}{\tau} \int_0^\tau \frac{u_{1,2}}{D} \sin \omega_{0,m} t \, dt\right)$$

Null sind, einfach den Strom I anzeigen. Anders liegen die Verhältnisse, wenn der Arbeitspunkt in den unteren Knick der Röhrenkennlinie gelegt wird, in dem das quadratische Gesetz (16) gilt. Nach Entwicklung des Gliedes

$$\frac{1}{2} T u^2 = \frac{1}{2} \frac{T}{D^2} (u_1 \sin \omega_0 t + u_2 \sin \omega_m t)^2$$

nach trigonometrischen Regeln in

$$\frac{1}{2} T u^2 = \frac{1}{2} \frac{T}{D^2} \Big\{ \frac{u_1^2 + u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \cos 2 \omega_0 t - \frac{u_2^2}{2} \cos 2 \omega_m t$$
$$+ u_1 u_2 \cos (\omega_0 - \omega_m) t - u_1 u_2 \cos (\omega_0 + \omega_m) t \Big\} \quad (17)$$

besagt Gl. (16), daß nun im Anodenstrom neben den ersten Harmonischen der Grundfrequenzen ω_0 und ω_m die Trägerfrequenz und die beiden Seitenbandfrequenzen enthalten sind, eine reine Amplitudenmodelung also zustande kommt. Die Trägerfrequenz und die Seitenbandfrequenzen lassen sich aus dem Anodenstrom am einfachsten mittels eines Resonanzkreises aussieben, der auf die Trägerfrequenz abgestimmt und so gedämpft ist, daß der durch den Modulator bedingte Modelungsgrad voll ausgenutzt wird, während die Harmonischen unterdrückt werden. Vorstellungsmäßig läßt sich der Vorgang der Gittermodelung als eine Verschiebung des Arbeitspunktes im Rhythmus der Modelungsspannung auffassen; weil dabei die Steilheit der Röhre ständig geändert wird, erhält man eine Trägerschwingung schwankender Amplitude.

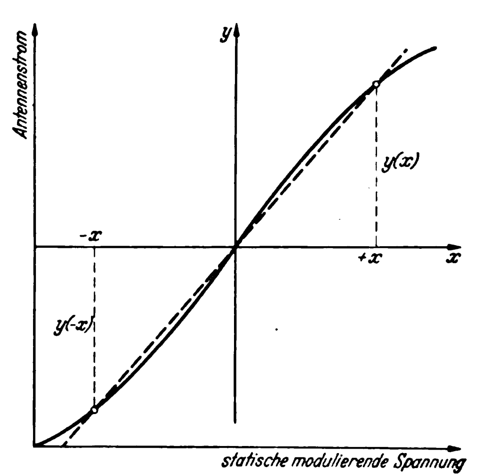


Abb. 10. Symmetrische Modelungskennlinie.

Indem man die Lage des Arbeitspunktes statisch durch stufenweise Veränderung der Gittervorspannung verändert und gleichzeitig den Antennenstrom mißt, erhält man die praktisch wichtige Modelungskennlinie, die linear verlaufen soll, damit sich die Amplitude des modulierten Senders linear mit der modelnden Spannung ändert. Den Verlauf einer derartigen Kennlinie zeigt Abb. 10; die untere Krümmung dieser Kennlinie ist durch die Krümmung der Röhrenkennlinie bedingt, die obere durch den Einfluß des Gitterstromes, der immer auftreten wird, da man zur Erzielung eines brauchbaren Wirkungsgrades die Röhre in dem Gebiet positiver Gitterspannung aussteuern muß. Praktisch ist bei Gittermodelung ein Modelungsgrad von etwa 90 % erreichbar. Der durchschnittliche Gesamtwirkungsgrad einer gittermodulierten Endstufe beträgt etwa 21 %.

---

[10]) H. Barkhausen, Die Elektronenröhre, Bd. 4, S. 18.
[11]) H. Barkhausen, Die Elektronenröhre, Bd. 4, S. 98.

Digitized by Google

Die zweite große Gruppe von Modelungsverfahren beruht auf einer unmittelbaren Überlagerung der Modelungsspannung über die Anodengleichspannung, während die hochfrequente Trägerspannung an das Steuergitter gelegt wird. An den Klemmen des Ersatz-Zweipolgleichrichters tritt dann bei Kurzschluß eine Wechselspannung $U = u/D \sin \omega_0 t + u_2 \sin \omega_m t$ auf. Die weitere Rechnung ist die gleiche wie im Fall der Gittermodelung und führt bezüglich der Entstehung der Seitenbandfrequenzen und damit einer Amplitudenmodelung zu den gleichen Ergebnissen. In der Praxis liegen die Verhältnisse etwas verwickelter, als es diese einfache Rechnung zeigen kann, die voraussetzt, daß die Hochfrequenzröhre unterspannt arbeitet, so daß der Einfluß des Gitterstromes auf die Form der Anodenkennlinie vernachlässigt werden kann. In Wirklichkeit arbeitet nämlich die Röhre zur Erzielung eines guten Wirkungsgrades im überspannten Zustand, d. h. die Amplitude der Anodenwechselspannung kann der Anodengleichspannung ungefähr gleichgesetzt werden, so daß erhebliche Gitterströme auftreten. Es sollte jedoch nur das Grundsätzliche der Entstehung einer Amplitudenmodelung verständlich gemacht werden, wozu die durchgeführte Rechnung ausreicht. Mit der Anodenmodelung läßt sich ein nahezu 100prozentiger Modelungsgrad erreichen; dabei muß allerdings eine Nf-Leistung von 66 % der Trägerleistung aufgebracht werden, so daß der an sich ausgezeichnete Wirkungsgrad der Hf-Stufe (mehr als 80 %) nicht zur Geltung kommen kann. Wesentlich günstiger gestalten sich die Leistungsverhältnisse bei Anwendung einer Gegentakt-(B-) Modelung[12]), bei der der Modulator gerade bei kleinem Modelungsgrad und in den Modelungspausen wenig Leistung verbraucht. Der Gesamtwirkungsgrad der Endstufe eines Senders läßt sich bei B-Modelung auf etwa 35 % bringen.

Ohne im Rahmen dieser Arbeit auf einzelne Modelungsverfahren näher eingehen zu wollen, sei als grundsätzliches Amplitudenmodelungsverfahren nur noch die Modelung mit einer Mehrgitterröhre erwähnt und der Fall betrachtet, daß die Trägerspannung am Steuergitter, die Modelungsspannung am Fanggitter einer Penthode liegt. Durch Änderung der Gleichspannung U_f des Fanggitters wird hier wiederum die Steilheit der Röhre im Rhythmus der Modelungsfrequenz geändert, ein Vorgang, der sich durch die Beziehung

$$S = A + B u_2 \cos \omega_m t \quad (d)$$

ausdrücken läßt[13]). Der Anodenwechselstrom ist allgemein durch die Gleichung

$$i_a = S u_1 \cos \omega_0 t$$

darstellbar, so daß man mit (d) die Beziehung

$$i_a = A\, u_1 \cos \omega_0 t + B\, u_1 u_2 \cos \omega_0 t \cos \omega_m t \qquad (18)$$

erhält, deren letztes Glied die beiden Seitenbänder enthält, indem

$$\cos \omega_0 t \cos \omega_m t = \frac{1}{2} \cos (\omega_0 + \omega_m) t + \frac{1}{2} \cos (\omega_0 - \omega_m) t$$

ist.

Während die Amplitudenmodelung in der Praxis immer schon eine hervorragende Rolle spielte, hatte die Frequenzmodelung bis in die letzte Zeit kaum eine andere Bedeutung, als die einer unerwünschten Begleiterscheinung der Amplitudenmodelung. Wie eine Frequenzmodelung bei der Amplitudenmodelung entstehen kann, läßt sich am einfachsten an einem eigenerregten, nicht neutralisierten Sender übersehen. Ausgehend von der dynamischen Röhrenkapazität, die zu

$$C'_{ag} = C_{ag} \left(\frac{u_g + u_a}{u_g} \right)$$

gegeben ist, wenn C_{ag} die statisch gemessene Gitter-Anoden-Kapapazität u_g und u_a bzw. die Gitterwechselspannung und die Anodenwechselspannung ist, erkennt man, daß bei periodischer Änderung der Anodenspannung im Rhythmus der Modelungsfrequenz auch die dynamische Röhrenkapazität und damit die Senderfrequenz sich ändert. Praktisch ergibt sich so bei Sendern größerer Leistung (einige kW) bei Amplitudenmodelung ein Frequenzhub, der einige 1000 Hz betragen kann, so daß eine meist sehr störende Vergrößerung der Bandbreite verursacht wird. Erst die Dezimeterwellentechnik griff die Frequenzmodelung als primäres Modelungsverfahren wieder auf[14]), da vor allem bei Laufzeitschwingungen eine Amplitudenmodelung gleichzeitig eine derartig hohe Frequenzmodelung zur Folge hat, daß ein betriebssicherer Überlagerungsempfang mit praktisch herstellbaren Zwischenfrequenzkreisen undurchführbar ist. Außerdem haben in der letzten Zeit Armstrong und Crosby[15]) gezeigt, daß man durch Inanspruchnahme eines sehr breiten Frequenzbandes in der Lage ist, relativ kleine Störungen, d. h.

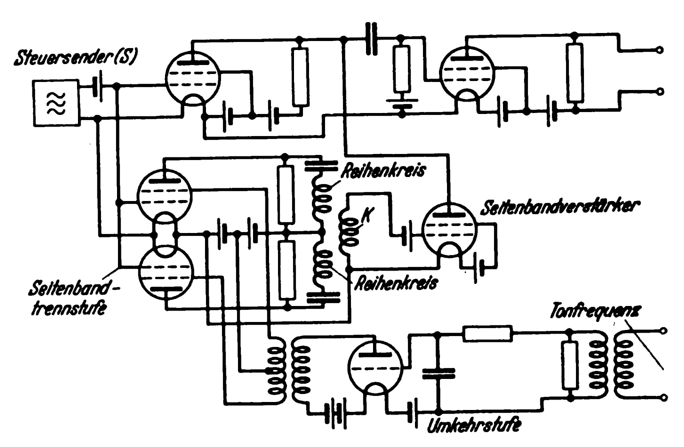


Abb. 11. Frequenzmodelung nach Armstrong.

Störungen, die kleiner sind als die Nutzamplitude, noch weiter zu verkleinern; nimmt man z. B. statt eines Frequenzbandes von 5000 Hz ein solches von 100 000 Hz in Anspruch, so lassen sich kleine Störungen auf ein Zwanzigstel ihres Wertes verkleinern. Die von Armstrong bei diesen Untersuchungen benutzte Frequenzmodelungseinrichtung, die gleichzeitig erkennen läßt, wie man eine Phasenwinkelmodelung zustande bringen kann, soll im folgenden beschrieben werden.

Zunächst wird eine Phasenwinkelmodelung vorgenommen. Dies geschieht im Sinn der Abb. 11, indem die Trägerfrequenz, die ein stabilisierter Sender (*S*) liefert, in gleicher Phase dem Gitter einer Verstärkerröhre und den Gittern von zwei Vierpolröhren zugeführt wird, an deren Schirmgittern im Gegentakt die Modelungsspannung wirksam ist. Die Anodenkreise bestehen aus Kapazität und Induktivität in Reihenschaltung und sind auf die Trägerfrequenz abgestimmt, so daß der Anodenstrom, der nun mit der steuernden Trägerspannung in Phase ist, nur einen ohmschen Widerstand findet und keinerlei Wirkung in einer Koppelinduktivität (*K*) ausüben kann. Die bei einer Modelung im angegebenen Sinn neben der Trägerfrequenz noch auftretenden Seitenbandfrequenzen verursachen in der Koppelspule Induktionsspannungen, die nach bekannten Gesetzmäßigkeiten gegen die Trägerspannung an den Gittern der Modelungsröhren in der Phase um 90 ° verschoben sind. Die so ausgesiebten Seitenbandfrequenzen werden nochmals verstärkt; der Anodenstrom der benutzten Röhre ist dann um 90 ° gegen den Anodenstrom der Trägerverstärkerröhre in der Phase verschoben: Trägerwelle und Seitenbandkomponenten wer-

[12]) R. Hofer, Telefunkenztg. (1935) H. 70, S. 20.
[13]) Wie Fußnote 10, S. 207.
[14]) G. Nobile, Alta Frequenza 7 (1938) S. 29.
[15]) E. H. Armstrong, Proc. Inst. Radio Engrs., N.Y. 24 (1936) S. 689; ETZ 58 (1937) S. 541.

Digitized by Google

den im Anodenwiderstand der Trägerverstärkerröhre mit einem Phasenunterschied von 90° zusammengegeben, womit die Bedingung für eine Phasenwinkelmodelung erfüllt und eine solche durchgeführt ist. Um die phasenwinkelmodulierte Schwingung, bei der der Phasenwinkelhub nach den vorigen Ausführungen unabhängig von der Modelungsfrequenz ist, in eine frequenzmodulierte Schwingung zu verwandeln, bei der gewissermaßen der Phasenwinkelhub umgekehrt proportional der Modelungsfrequenz ist, muß zunächst der gitterseitige Eingang des Modulators ein entsprechend frequenzabhängiges Glied erhalten. In der gezeigten Schaltung von Armstrong besteht dieses Glied aus einem hohen ohmschen Widerstand und einer Kapazität in Reihenschaltung; die an der Kapazität abgegriffene Steuerspannung für die Vorverstärkerröhre verläuft so umgekehrt proportional zur Modelungsfrequenz. Wie bei der mathematischen Darstellung des Vorganges der Phasenwinkelmodelung begründet wurde, soll der Phasenwinkelhub zur Vermeidung einer zusätzlichen Amplitudenmodelung nicht größer als 30° sein. Bei einer Modelungsfrequenz von 30 Hz bedingt das einen Frequenzhub von rd. 15 Hz. Der Phasenwinkelhub bei einer Modelungsfrequenz von 10 000 Hz errechnet sich dann gemäß Gl. (8) aus den Gleichungen $\Phi_1 = \Delta f/30$ und $\Phi_2 = \Delta f/10^4$ durch Division zu $\Phi_2 = 3 \cdot 10^{-3}\,\Phi_1$; da Φ_1 nach dem vorigen 30° sein soll, ist der Phasenwinkelhub bei Modelung mit 10 000 Hz nur noch 0,09° entsprechend einem Frequenzhub von wiederum 15 Hz. Zur Erhöhung des Frequenzhubes und damit des Modelungsgrades muß die in der angegebenen Weise phasenwinkelmodulierte Schwingung in mehreren Stufen vervielfacht werden. Mathematisch leicht zu übersehen sind die Verhältnisse bei einer Verdopplung. Legt man die im obigen Sinn phasenwinkelmodulierte Spannung an das Gitter einer Dreipolröhre, deren Arbeitspunkt im unteren Knick liegt, so daß im Arbeitsbereich die Kennlinie als quadratisch gelten kann, so gilt für den Anodenwechselstrom

$$i_a = S\,u + \frac{1}{2}\,T\,u^2 = A_0\,\frac{S}{D}\left[\cos\left(\omega_0 t + \frac{\Delta f}{f_m}\cos\omega_m t\right)\right] + \frac{1}{2}\,\frac{A_0^2}{D^2}\,T\left[\cos\left(\omega_0 t + \frac{\Delta f}{f_m}\cos\omega_m t\right)\right]^2. \quad (19)$$

Die Auflösung des quadratischen Gliedes ergibt

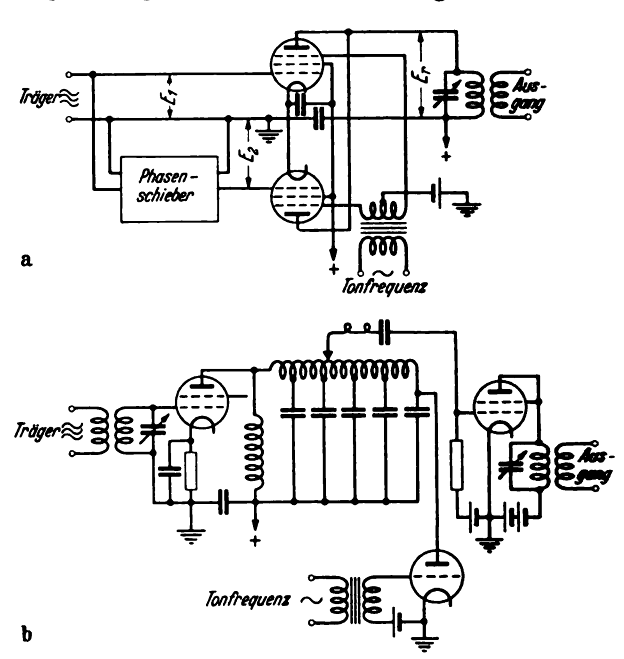
$$G_{\square} = \frac{1}{2}\,\frac{A_0^2}{D^2}\,T\left[1 - \sin\left(2\,\omega_0 t + 2\,\frac{\Delta f}{f_m}\cos\omega_m t\right)\right], \quad (19\text{a})$$

d. h. es tritt eine frequenzmodulierte Schwingung doppelter Trägerfrequenz mit doppeltem Frequenzhub auf. Nach einer Reihe von Verdopplungen würde man schließlich ein Glied von der Form

$$\sin\left(n\,\omega_0 t + n\,\frac{\Delta f}{f_m}\sin\omega_m t\right)$$

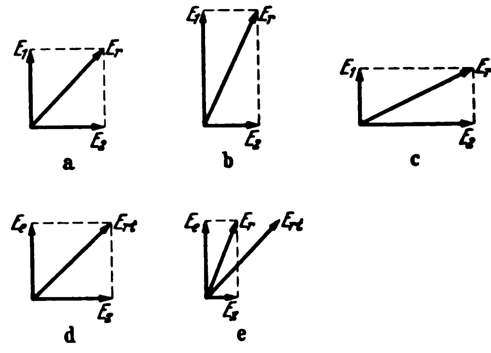
erhalten, entsprechend einer frequenzmodulierten Schwingung der Frequenz $n\,f_0$ bei einem Frequenzhub von $n\,\Delta f$, das auszusieben wäre.

Weitere Verfahren zur Erzielung einer Phasenwinkelmodelung wurden von M. G. Crosby[16]) ausgearbeitet; sie sind schaltungsmäßig in Abb. 12 zusammengestellt. Bei dem durch die erste Schaltung veranschaulichten Verfahren wird der Träger in gleicher Phase einem Phasenschieber und dem Gitter der einen von zwei parallel geschalteten Röhren zugeführt. Im Phasenschieber wird eine Phasenverzögerung um 90° verursacht; die auf diese Weise gegen den Träger am Gitter der ersten Röhre um 90° in der Phase verschobene Trägerschwingung wird ans Gitter der zweiten Röhre gelegt; beide Röhren arbeiten auf einen gemeinsamen Außenwiderstand; die resultierende Schwingung ergibt sich gemäß dem Zeigerbild in Abb. 13a. Ein Schwanken des Phasenwinkels wird nun durch Vornahme einer Gegentaktmodelung über die Schutzgitter der beiden Modelungsröhren verursacht. Die Zeigerbilder in Abb. 13b und c lassen das Zustandekommen der Phasenwinkelmodelung erkennen. Es ist leicht einzusehen, daß der Phasenwinkelhub um so größer ist, je höher die Modelungsspannung ist. Ein zweites Verfahren bedient sich der Möglichkeit der Änderung des Reflexionsgrades eines Energieleitungsstückes durch Änderung des Endwiderstandes. Das in Abb. 12b in der üblichen Weise durch Längs- und Querglieder ersetzte Energieleitungsstück ist eingangsseitig mit dem Arbeitswiderstand einer Hochfrequenzverstärkerstufe für die Trägerschwingung abgeschlossen. Den Endwiderstand bildet eine Dreipolröhre, die durch die Modelungsspannung gesteuert wird. Die Amplitude der am Leitungsende reflektierten Welle, die sich der hinlaufenden Welle überlagert, schwankt so entsprechend der Schwankung des Röhrenwiderstandes im Takt der Modelungsfrequenz. Betrachtet man eine Stelle des Leitungsstückes, an der hinlaufende und rücklaufende Welle um 90° gegeneinander in der Phase verschoben sind, so ergibt sich bei totaler Reflexion die resultierende Schwingung gemäß dem Zeigerschaubild der Abb. 13d. Wird der Reflexionsfaktor kleiner, so ergeben sich die in Abb. 13e gezeigten Verhältnisse; der Phasenwinkel der resultierenden Schwingung ändert mit der Stärke des modelnden Tones seine Größe.



a Trägerteilung *b* Modelung des Endwiderstandes eines Energieleitungsstückes

Abb. 12. Anordnungen zur Erzielung einer Phasenwinkelmodelung.



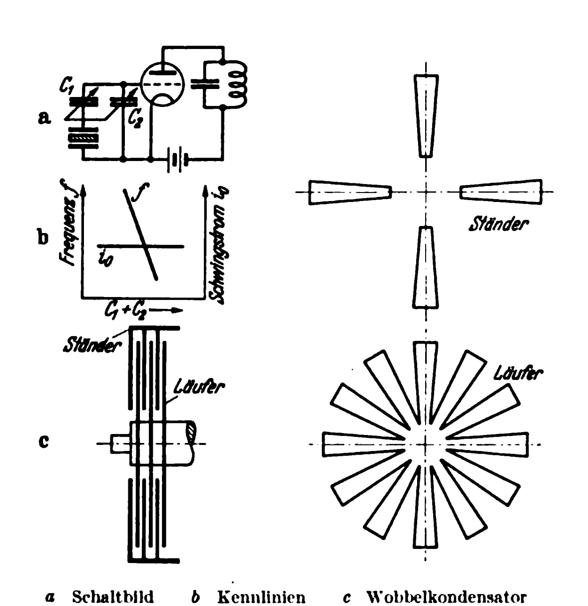
a Trägervereinigung ohne Modelung *b, c* Trägervereinigung bei Modelung *d* Vereinigung von hin und rücklaufender Welle auf einer Leitung bei Reflexion am Ende (Totalreflexion) *e* bei kleinerem Reflexionsgrad

Abb. 13. Zeigerschaubilder zu den Modelungsvorgängen in den Schaltungen der Abb. 12.

[16]) M. G. Crosby, Proc. Inst. Radio Engrs., N.Y. 27 (1939) S. 126.

Digitized by Google

Ein Verfahren zur Frequenzmodelung quarzgesteuerter Sender gibt Shogo Amari[17]) an. Wie die Schaltung in Abb. 14 a zeigt, werden Kapazitäten dem Quarz in Reihe und als Querglieder zu-



a Schaltbild *b* Kennlinien *c* Wobbelkondensator

Abb. 14. Frequenzmodelung eines quarzgesteuerten Senders nach Amari.

geschaltet, die periodisch geändert werden können. Bei verhältnisrichtiger Änderung beider Kapazitäten ergibt sich eine amplitudenfeste Frequenzmodelung. Als Kapazitäten können die steuerbaren Elektrodenkapazitäten von Elektronenröhren benutzt werden. Eine einfache, besonders für Schulversuche geeignete Kapazitätsanordnung zeigt Abb. 14 c. Ein zwölfteiliger Fächerkranz dreht sich mit regelbarer Geschwindigkeit als Läufer zwischen einem Ständerkreuz. Bei einer Drehzahl von 1500 U/min z. B. ändert sich die Frequenz des quarzgesteuerten Senders mit einem Frequenzhub, der durch die Fächerbreite bestimmt ist, 300 mal in der Sekunde, entsprechend einer Modelungsfrequenz von 300 Hz; eine Erhöhung oder Verminderung der Drehzahl bewirkt eine Änderung der Modelungsfrequenz bei gleichbleibendem Frequenzhub, eine einfache Darstellungsform der Erkenntnis, daß die Geschwindigkeit, mit der sich die Frequenz ändert, der Tonhöhe und die Größe der Frequenzänderung der Lautstärke entspricht[18]).

[17]) Sh. Amari, Nippon electr. Commun. (1938) S. 550.

Zusammenfassung.

Für die amplituden-, phasenwinkel- und frequenzmodulierte Schwingung lassen sich einfache Formeln ableiten. Nach elementarmathematischer Analyse der Vorgänge bei der Amplituden-, der Phasenwinkel- und der Frequenzmodelung wurde gezeigt, wie sich die mathematischen Gesetzmäßigkeiten graphisch veranschaulichen lassen. Die Betrachtung wurde dabei auf den Fall gleichzeitig auftretender Amplituden- und Phasenwinkel- bzw. Frequenzmodelung ausgedehnt. Die Entstehung einer Amplitudenmodelung auf dem Weg einer Gittermodelung oder einer Anodenmodelung wurde beschrieben. Weiterhin wurde ein Verfahren zur Erzeugung von frequenzmodulierten Schwingungen behandelt, das in der Erzeugung einer phasenwinkelmodulierten Schwingung mit einem zur Modelungsfrequenz umgekehrt proportionalen Phasenwinkelhub und einer Vervielfachung dieser Schwingung besteht.

[18]) Weitere Arbeiten: H. Roder, Proc. Inst. Radio Engrs. 19 (1931) S. 2145; Telefunkenztg. 10 (1929) Nr. 53, S. 48. — M. G. Crosby, Proc. Inst. Radio Engrs. 25 (1937) S. 472. — W. Runge, Telefunkenztg. (1930) H. 55, S. 28. — R. Hofer, Telefunkenztg. (1934) H. 68 S. 34; (1935) H. 70, S. 22.

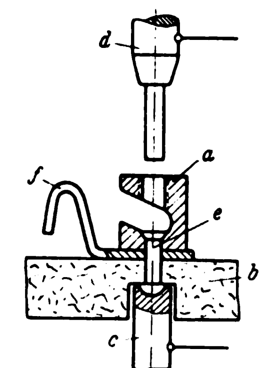
Neues elektrothermisches Verbindungsverfahren für den Zusammenbau von Metallteilen mit keramischen Körpern.

DK 621.315.612 : 621.88.084

In obigem Aufsatz wird über ein neuartiges Verfahren[1]) zur Bestückung von Keramikteilen mit Metallarmaturen berichtet. Im Funkgerätebau nehmen heute die keramischen Massen — Calit, Frequenta, Condensa, Kerafar usw. — eine bevorzugte Stellung ein wegen ihrer hervorragenden elektrischen Eigenschaften. Neben diesen ist aber für ihre Verwendung von größter Bedeutung, ob sich die keramischen Teile unter Anwendung kürzester Arbeitszeiten mit Metallteilen verbinden lassen. Hierbei wird verlangt, daß sich die Verbindung des isolierenden Teiles mit dem leitenden keinesfalls während des Betriebes lockern darf. Die üblichen Verfahren für das Zusammenfügen von keramischen mit metallischen Teilen sind das Schrauben, Nieten oder Kitten. Bei dem ersten genügt infolge der geringen Elastizität des keramischen Materials die erzielte Achsialverspannung meistens nicht, um dauernden Festsitz des Metalles zu erzielen. Das zweite Verfahren wird in seiner Anwendung durch die geringe Stoßfestigkeit der Keramik beeinträchtigt. Infolge der geringen Schlagkräfte läßt sich nur schwer Festsitz erzielen. Infolge der Treibwirkung bzw. des Schwindens der meisten Kitte, abgesehen von den langen Abbindezeiten, wird auch das Kitten nur ungern angewendet.

a Metallteil
b keramischer Körper
c untere Elektrode
d obere Elektrode

Abb. 1. Wirkungsweise des elektrothermischen Befestigungsverfahrens (unmittelbar).



a Metallteil
b keramischer Körper
c untere Elektrode
d obere Elektrode
e Niet
f Klemme

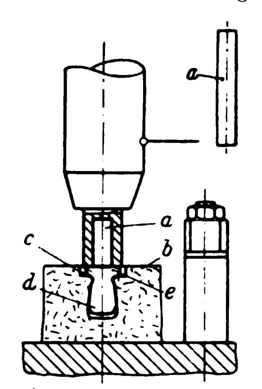
Abb. 2. Die Befestigung einer Klemme mit einem keramischen Körper mittels eines Vollnietes (mittelbar).

Viel günstiger liegen die Verhältnisse bei dem elektrothermischen Verbindungsverfahren. Das Wesen dieses Verfahrens liegt darin, daß die zur Bestückung vorgesehenen Metallteile elektrisch erhitzt werden und unter geringem Druck den Keramikflächen innerhalb einer Bohrung oder Aussparung angepaßt werden. Zu dieser formschlüssigen Verbindung tritt noch beim Erkalten eine kraftschlüssige in axialer Richtung (Schrumpfen). Für das elektrothermische Verbindungsverfahren können Stahl, Messing, Kupfer und Aluminium verwendet werden.

[1]) Nach Werner Osenberg, Feinmech. u. Präz. 47 (1939) S. 43.

Digitized by Google

Das am meisten angewendete Verfahren ist die **unmittelbare** Verbindung von Metallteilen innerhalb durchgehender Bohrungen und Schlitze mittels eines aus beliebigem Querschnitt geformten Voll- oder Hohlzapfens (Abb. 1) oder durch mittelbare Verbindung mit Voll- oder Hohlniet (Abb. 2). Ferner wurde das Verfahren ausgebildet als unmittelbare Verbindung



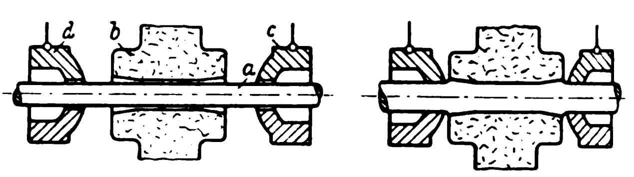
a ursprünglich glatter metallischer Bolzen
b keramischer Körper
c Sackloch mit konischer Erweiterung
d angestauchte Verdickung
e angestauchter Bund

Abb. 3. Eingesetzter glatter zylindrischer Bolzen in einem Sackloch.

für das Befestigen von Metallteilen in Sacklöchern (Abb. 3) und als unmittelbare Verbindung für die Befestigung von stabförmigen Metallteilen (Wellen, Durchführungen usw.) in scheibenförmigen Körpern, Sockeln usw. (Abb. 4 a u. b).

Um zu starke örtliche Erwärmung zu vermeiden, ist es erforderlich, die Stauchenden mit möglichst geringem Querschnitt auszuführen. Bei größeren Abmessungen ist es daher zweckmäßig, den Zapfen vor der Verformung auszudrehen. Das Einhalten von Passungen in der Keramik ist nicht erforderlich, da auch bei größerem Spiel der Armatur der Werkstoff formschlüssig an die Lochwandung gequetscht wird. Infolge dieser formschlüssigen Verbindung können auch Verdrehungskräfte durch entsprechende Nasen oder Riffelungen in der Keramik aufgenommen werden. Bei Reihenarmaturen werden enge Toleranzen über große Abstände durch entsprechende Ausbildung der Keramik und Anwendung von Stauchlehren eingehalten.

Ein einwandfreier Ausfall der Armierung ist mit Rücksicht auf die genaue Einhaltung der Arbeitszeiten und -größen am besten durch maschinelle Einrichtungen (Halbautomaten) zu erreichen. Dies gilt besonders für die durchschnittlich 0,1 s betragende Erhitzungszeit und den vorsichtig zu regelnden Kontaktdruck, der während der Erhitzungszeit gering sein muß. Als Spannung genügen 1 bis 5 V, die Stromstärke muß entsprechend dem spezifischen Widerstand des Werkstoffs und den Abmessungen des Zapfens eingestellt werden. Von Be-



in eingestauchtem Zustand — vor dem Erhitzen

a stabförmiger Körper
b keramischer Körper
c u. *d* mit Klemmbacken versehene Elektroden

Abb. 4 a u. b. Einschrumpfen von Wellen, Stiften und Durchführungen.

deutung sind die Einrichtezeiten und die Lebensdauer der Elektroden. Eine hohe Lebensdauer erzielt man mit wolframlegierten Einsätzen (Zwischenelektroden). Die Maschinen arbeiten mit 10 bis 30 U/min und können nach dem Baukastenverfahren mit einer, zwei oder drei Elektroden ausgeführt werden. Eine Steigerung der Leistung wird durch Vorrichtungen erzielt, bei deren Entwurf man auf die Maßabweichungen der Keramik achten muß. *W. Gs.*

Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen.

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel.

DK 621.315.3(083.133.1)

VDE 0250 U.

Entwurf.

Einspruchsfrist: 20. Dezember 1939.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Änderung der ab 15. Oktober 1936 gültigen Fassung.

§ 8 wird § 8 A.

§ 8 B.

Mantelleitung
(Mantel aus thermoplastischem Kunststoff).

Verwendung: Zur festen Verlegung in trockenen Räumen.
Bezeichnung: N G M.
Nennspannung: 250 V.

Mehradrige Mantelleitungen sind mit eindrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1 bis 10 mm², mit eindrähtigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 2,5 bis 10 mm², mit mehrdrähtigen Kupfer- oder Aluminiumleitern im Nennquerschnitt von 16 mm² zulässig.

Der Leiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben.

Für den Aufbau der mehrdrähtigen Leiter und die Dicke der Gummihülle gilt Tafel I in § 6.

Die Gummihülle ist mit einem gummierten, gewebten Band bewickelt; sie kann an Stelle dessen beim Ummanteln mit thermoplastischen Kunststoffen eine Filmbewicklung erhalten.

Die Einzeladern sind verseilt und mit einem Innenmantel so umspritzt, daß alle Hohlräume ausgefüllt sind; dieser Mantel kann aus einem stark gefüllten thermoplastischen Kunststoff oder einer Bitumen-Regenerat-Mischung bestehen. Hierüber folgt ein Außenmantel aus thermoplastischem Kunststoff. Wanddicke gemäß Tafel IV b.

Werden der innere Mantel und der äußere aus dem gleichen thermoplastischen Kunststoff hergestellt, so kann an Stelle der zwei Mäntel ein Mantel aufgebracht werden. In diesem Falle gilt für die Wanddicke dieses Mantels Spalte 4 der Tafel IV b.

Tafel IV b.

1	2	3	4	5
Anzahl der Adern und Nennquerschnitte mm²	Wanddicke des Innenmantels bei stark gefülltem thermopl. Kunststoff oder Bitumen-Regenerat mm	Wanddicke des Außenmantels aus thermoplastischem Kunststoff mm	Wanddicke des gemeinsamen Mantels aus thermoplastischem Kunststoff mm	Außendurchmesser Größtmaß mm
2×1	0,4	1,0	1,2	10,0
2×1,5	0,4	1,0	1,2	10,5
2×2,5	0,4	1,0	1,2	12,0
2×4	0,4	1,2	1,3	13,5
2×6	0,4	1,2	1,3	14,5
2×10	0,6	1,2	1,4	17,5
2×16	0,8	1,4	1,8	21,0
3×1	0,4	1,0	1,2	10,5
3×1,5	0,4	1,0	1,2	11,0
3×2,5	0,4	1,0	1,2	12,5
3×4	0,4	1,2	1,3	14,5
3×6	0,4	1,2	1,3	15,5
3×10	0,6	1,2	1,4	18,5
3×16	0,8	1,4	1,8	22,5
4×1	0,4	1,0	1,2	11,5
4×1,5	0,4	1,0	1,2	12,0
4×2,5	0,4	1,2	1,3	14,0
4×4	0,4	1,2	1,3	15,5
4×6	0,4	1,2	1,3	17,0
4×10	0,6	1,4	1,6	20,5
4×16	0,8	1,6	2,0	25,0
5×1,5	0,4	1,0	1,2	13,0

Stellenweise darf die Dicke des Kunststoffmantels den in der Tafel angegebenen Wert unterschreiten, jedoch höchstens um 0,1 mm + 15%.

Der äußere bzw. gemeinsame Mantel aus thermoplastischem Kunststoff muß den Prüfbedingungen des VDE genügen*).

Die Leitungen müssen im trockenen Zustande eine Wechselspannung von 2 kV bei 50 Per/s zwischen den Leitern ½ h lang aushalten.

*) Zur Zeit gilt VDE 0285/II. 38.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.2.017.7

Die Bedeutung der Wärme für Hochspannungskabel. [Nach Ulfilas Meyer u. K. Baumgart, Electrotechniek 16 (1938) S. 125; 4 S., 9 Abb.]

Der Aufsatz berichtet zusammenfassend über die Bedeutung der Wärme für Hochspannungskabel. Nach einer Erörterung der Wärmequellen gemäß ihrer örtlichen Verteilung (Leiter, Isolation, äußere Umhüllung) wird auf die Wärmeableitung eingegangen. Hierbei wird hervorgehoben, daß die in der Isolation erzeugte Wärme nur eine halb so große Temperaturerhöhung im Leiter mit sich bringt als die im Leiter selbst erzeugte. Ferner wird darauf hingewiesen, daß infolge der Wärmekapazität des Bodens das endgültige Wärmegleichgewicht erst nach Tagen eintritt, so daß kurzzeitige Versuche leicht zu einem zu günstigen Ergebnis führen können. Eingehend werden dann die durch Wärme verursachten Schädigungen besprochen. Die mechanischen Schädigungen, Bildung von Hohlräumen, sind in letzter Zeit bei der Besprechung von Öl- und Druckkabeln hinreichend geklärt worden. Bei den elektrischen Schädigungen, Anstieg des Verlustwinkels mit steigender Temperatur, bleiben noch manche Fragen offen. So wird z. B. auf die Tatsache hingewiesen, daß bei überbeanspruchten Kabeln der Verlustwinkel mit steigender Spannung fällt, und ein Erklärungsversuch dafür gegeben. Am meisten Arbeit bleibt noch bei den chemischen Schädigungen zu tun; wichtige Ansätze zum Nachweis und zur Aufklärung der Metallseifenbildung liegen auch hier vor.

Zum Schluß werden die Gegenmaßnahmen erörtert. Besonders betont wird, daß eine reichliche Bemessung des Leiterquerschnittes von Vorteil ist, während umgekehrt die Isolationsdicke nicht zu groß gewählt werden soll, um die Wärmeabfuhr nicht zu verschlechtern. Als Beispiel wird auf die Arnheimer Versuche hingewiesen, bei denen ein Druckkabel mit 240 mm² Leiterquerschnitt und 14 mm Isolationsdicke alle Bedingungen erfüllte, während ein Druckkabel mit 185 mm² und 16 mm Isolation zu warm wurde und daher nicht standhielt. Diese Rücksicht auf die Wärmeabfuhr wird manchmal bei der Muffenherstellung vernachlässigt; auch sonst werden für die Montage nützliche Winke gegeben. *eb.*

Lichttechnik.

DK 621.327.311/.312.012

Kennlinien von Wechselstrom-Quecksilberdampf-Lichtbögen. [Nach T. Harada, Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 33; 3 S., 5 Abb.]

Für Hochdruck- und Niederdruck-Quecksilberdampf-Lichtbögen, die von einer 50 Hz-Wechselstromquelle gespeist werden, werden die Beziehungen zwischen den Augenblicks-

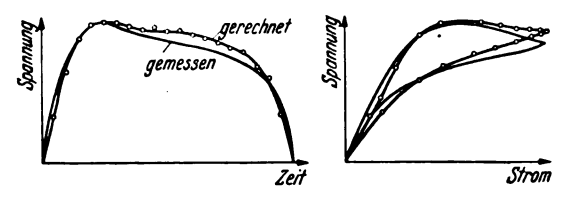


Abb. 1. Vergleich von gerechneten und gemessenen Werten. Brennspannung und dynamische Kennlinie einer Quecksilber-Hochdrucklampe.

werten der Bogenspannung, dem Bogenstrom und der Intensität der Spektrallinien abgeleitet. Bei den Hochdruckbögen wird die Berechnung unter der Annahme von thermischer Ionisation und Temperaturgleichgewicht in der Bogensäule durchgeführt, während bei den Niederdruckbögen von der Temperatur des Elektronengases ausgegangen wird. Die ermittelten Gleichungen werden an handelsüblichen Quecksilberdampflampen bei Dampfdrücken von 0,005 Torr, 1000 Torr und 30 at nachgeprüft (Abb. 1).

Die geringen Abweichungen der berechneten Kurven von den gemessenen werden darauf zurückgeführt, daß bei der Berechnung die Stromdichte direkt proportional dem Bogenstrom angenommen wurde. Wird bei den Hochdrucklichtbögen $i \approx I^{0,8 \cdots 0,9}$ gesetzt, worin i die Stromdichte, und I der Bogenstrom ist, so ergibt sich eine völlige Übereinstimmung der gemessenen und berechneten Kurven. *—ffe.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.39 : 531.71

Messung der Dicke von Metallwänden von nur einer Seite aus. [Nach B. M. Thornton u. W. M. Thornton, Engineering 146 (1938) S. 715; 2½ S., 8 Abb.]

Die Messung der Dicke von Metallplatten oder -rohren hat u. a. besondere Bedeutung in der Dampftechnik, wo rechtzeitig Korrosionen an besonders gefährdeten Punkten festgestellt werden sollen. Die bekannten akustischen Verfahren (z. B. Beobachtung des Tones nach Anschlagen mit einem Hammer) mögen mitunter brauchbar sein; im allgemeinen sind sie unzureichend. Ein weiterer Weg, nämlich das Prüfstück anbohren, die Dicke direkt messen und das Bohrloch irgendwie wieder verschließen, ist umständlich und meist nicht gangbar. Bekannt und viel angewendet sind die magnetischen Meßverfahren.

Die beiden Verfasser beschreiben ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Wandstärke von Metallplatten oder -rohren auf dem Wege der elektrischen Leitfähigkeitsmessung. Der Widerstand zwischen zwei Punkten auf der Oberfläche relativ dünner Metallplatten ist umgekehrt proportional der Dicke der Platten. Dieser Widerstand wird nun mittels einer Strom-Spannungs-Messung bestimmt, wobei der aus einer 6 V-Batterie entnommene Strom mit einem Vorwiderstand so eingestellt wird, daß der Spannungsabfall an zwei auf der Oberfläche aufgebrachten Elektroden konstant bleibt. Zur Messung der Spannung dient ein hochempfindliches Cambridge-Lichtzeigergalvanometer, das die Bestimmung von Potentialen von der Größenordnung von 50 μV sehr genau gestattet.

Geeicht wird die Apparatur durch Messung an Metallstücken von gleichem Werkstoff und gleicher Oberflächenbeschaffenheit, deren Dicke bekannt ist. Die elektrische Leitfähigkeit wird im allgemeinen bei gleichartigen Werkstoffen nur unbeträchtliche Abweichungen zeigen. Die Elektroden müssen so an dem Versuchsgegenstand angebracht werden, daß nur geringstmögliche Übergangswiderstände auftreten.

Hinsichtlich der Meßgenauigkeit geben die Verfasser folgendes an: Die bei Kontrollversuchen mit Mikrometer festgestellten Fehler bewegen sich in der Größenordnung der Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit. Zu beachten ist selbstverständlich, daß die Messungen bei den Temperaturen durchgeführt werden, für welche die Meßeinrichtung geeicht wurde. Andernfalls sind Korrekturen der Meßergebnisse nötig. Wichtig ist weiterhin, daß bei kleineren Metallstücken die Elektroden nur so nahe an den Begrenzungen angebracht werden dürfen, daß das Feld zwischen ihnen nicht gestört wird, da sonst erhebliche Meßfehler auftreten. Die bei heißen Meßobjekten (z. B. Überhitzerrohren im Betrieb) etwa vorhandenen Thermoströme können vor Anlegen der Meßspannung mit einer Kompensationsschaltung ausgeglichen werden, da sie bei der kurzen Dauer der Messung konstante Größe haben. *Dbr.*

DK 531.788.13

Ein einfaches Vakuummeter. [Nach A. E. Lockenvitz, Rev. sci. Instrum. 9 (1938) S. 417; 3½ S., 4 Abb.]

A. E. Lockenvitz beschreibt die Bauart eines Vakuummeters nach Knudsen, die zwar grundsätzlich nichts Neues bringt, sich aber durch ihre Einfachheit und Widerstandsfähigkeit auszeichnet. Ein Aluminiumblättchen von 0,01 mm Dicke hängt an einem waagerechten dünnen Draht zwischen zwei Kupfergefäßen, die durch einen Strom von Wasser bzw. Wasserdampf auf konstanter Temperaturdifferenz gehalten werden. Die von dem warmen Gefäß reflektierten Gasmoleküle treffen auf das Blättchen mit einer größeren Geschwindigkeit als die von dem kalten Gefäß reflektierten und bewirken daher

Digitized by Google

einen Ausschlag, der dem Gasdruck proportional ist. Der Ausschlag wird durch ein Mikroskop gemessen. Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß die Eichung aus den Dimensionen des Blättchens und den Temperaturen der Gefäße errechnet werden kann und daß die Temperatur des Blättchens keinen Einfluß hat. Der Meßbereich geht, wenn das Vakuummeter ganz aus Metall gebaut wird, von 2 Dyn/cm² bis 0,01 Dyn/cm². *ue.*

DK 621.317.335

Messung der relativen und absoluten Verlustfaktoren von Luftkondensatoren. [Nach A. V. Astin, J. Res. Nat. Bur. Stand. 21 (1938) S. 425; 32 S., 15 Abb.]

A. V. Astin benutzt für Verlustmessungen eine Scheringsche Brücke mit Erdung nach Wagner, die sowohl für hohe wie für niedrige Spannungen geeignet ist. Ein besonderes Verfahren zur Ausschaltung der Restwirkungen, die durch Unvollkommenheiten der Wellenform und der Abschirmung bedingt sind, ermöglicht es, die Differenzen der Verlustfaktoren zweier Kapazitäten mit einer Genauigkeit von $5 \cdot 10^{-7}$ zu messen. Bei dieser Genauigkeit sind gewöhnliche Zweielektrodenkondensatoren nicht mehr brauchbar, da ihre von festen Nichtleitern herrührenden Verluste, wie Kontrollmessungen zeigen, sich zu stark mit der Zeit ändern. Es wurde daher ein Drehkondensator mit drei Elektroden konstruiert, dessen dritte geerdete Elektrode so angeordnet ist, daß die beiden Meßelektroden durch keinen festen Isolator verbunden sind. Daneben wurden zwei Plattenkondensatoren mit Schutzring und veränderlichem Plattenabstand benutzt. Die Differenz der Verlustfaktoren dieser drei Normalkondensatoren ändert sich mit der Kapazität. Bei den Schutzringkondensatoren ist diese Abhängigkeit linear und unabhängig von der benutzten Spannung. Es ist daher möglich, den Verlustfaktor für die Kapazität Null zu extrapolieren, was dadurch bestätigt wird, daß verschiedene Schutzringkondensatoren auf den gleichen Wert für den Vergleichskondensator, den Drehkondensator, führen. Es ist daher möglich, die absoluten Verlustfaktoren eines veränderlichen Kondensators über seinen ganzen Meßbereich zu bestimmen und ihn als geeichte Normale für Verlustmessungen zu benutzen. *Br.*

DK 621.317.785

Prüfungen und Beglaubigungen. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung[1]).

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reich zugelassen und ist ihnen das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden:

System [205], die Formen E 6 und E 6z, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 16. Oktober 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
In Vertretung Möller."

Verkehrstechnik.

DK 621.335.42 : 625.33(494)

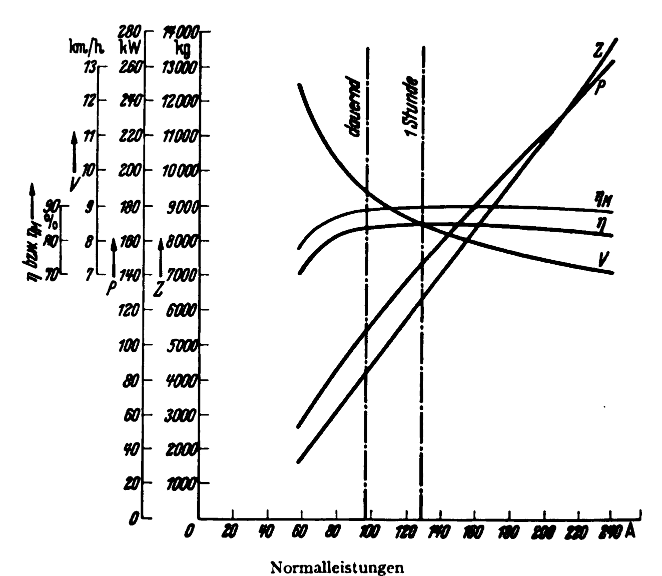
Neue elektrische Triebwagen der Pilatusbahn. [Nach P. Altdorfer, Elektr. Bahnen 14 (1938) S. 304; 4½ S., 14 Abb.]

Die 1888 als Dampfbahn eröffnete, steilste vorhandene Zahnradbahn (480% Höchstleistung) wurde 1936 auf elektrischen Betrieb umgestellt, und zwar aus wirtschaftlichen Gründen und wegen der Fahrzeitverkürzung von früher 70 bis 75 min auf etwa die Hälfte. Die Bergfahrt dauert jetzt nur noch 28 bis 35 min je nach Anzahl der gleichzeitig laufenden Triebwagen. Für die Talfahrt werden infolge der behördlich vorgeschriebenen Geschwindigkeitsbegrenzung 40 min benötigt. Die vorhandenen 8 Triebwagen sind für folgende Verhältnisse entworfen:

[1]) Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1471. Zentralblatt für das Deutsche Reich. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

Sitzplätze	40	Triebzahnräder	2
Führerstände	2	Bremszahnräder	2
Wagenlänge über alles	11 100 mm	Motorleistung (60 min)	
Wagenbreite über alles	2 150 mm	bei 8,5 km/h	2 × 78 kW
Spurweite	800 mm	Motorleistung (dauernd)	
Wagengewicht leer	9,6 t	bei 9,4 km/h	2 × 57 kW
Wagengewicht besetzt	12,6 t	Fahrleitung	1 500 V

Wagenteil. — Die Fahrzeuge sind der Streckenneigung entsprechend mit gestaffelten Abteilen gebaut. Das Gewicht des vollständigen Fahrzeuges ist trotz der beträchtlichen Motorenleistung und des getrennten Untergestelles bemerkenswert niedrig. Die Abfederung zwischen selbsttragendem stählernen Kastenaufbau und Untergestell ist zweiteilig. Der eine Teil, bestehend aus pendelnd aufgehängten Blatt- und Schraubfedern, überträgt die senkrechten Gewichtskräfte. Der andere Teil in Form von längsliegenden Federn dient zur Abfangung des Anfahrrucks und der von der Zahnstange herrührenden Fahrt-Ungleichförmigkeiten. Das Fahrgestell stützt sich einpunktförmig und ungefedert mittels eines Gelenkes auf die bergseitige Laufachse, während es auf der talseitigen Laufachse federnd und in zwei Punkten gelagert ist. Diese Dreipunktauflagerung sichert das Laufgestell gegen Verwindung.



Normalleistungen

	dauernd	1 Stunde	
Motorstrom	96	128	A
Leistung an der Motorwelle	114 (155)	155 (210)	kW(PS)
Geschwindigkeit	9,4	8,5	km/h
Zugkraft am Triebradumfang	4200	6350	kg

Motorspannung	1350	V
Triebzahnraddurchmesser	436,5	mm
Zahnradübersetzung	1 : 18	

P Motorleistung in kW am Triebrad
Z Zugkraft in kg am Triebradumfang
η gesamter Wirkungsgrad (Motor und Getriebe) in %
η_M Motorwirkungsgrad
V Geschwindigkeit in km/h
n Drehzahl in Umdrehungen je min gleich $218 \cdot V$

Abb. 2. Kennlinien des Gleichstrommotors EZ 28.

Die Pilatusbahn wird mit liegenden Zahnrädern betrieben, welche beiderseitig in die Zahnstange eingreifen. Der gesamte Antrieb und die Bremsräder liegen zwischen den Laufachsen, und zwar der Antrieb nächst der Tal-Laufachse, die Bremszahnräder neben der Berg-Laufachse. Die Treibzahnräder mit senkrechter Welle werden über im Ölbad laufende Kegel- und Stirnradgetriebe und Rutschkupplungen von dem starr im Rahmen gelagerten Doppelmotor angetrieben. Auf den Zahnradwellen sind ferner Bandbremstrommeln angeordnet. Die Bremszahnräder sind über Mitnehmerklinken mit der gemeinsamen Bandbremsscheibe gekuppelt. Der Kraftschluß ist nur bei Talfahrt wirksam. Bei der Bergfahrt laufen die Bremszahnräder leer mit. Diese Bremse wirkt selbsttätig bei Überschreitung der Talfahrt-Höchstgeschwindigkeit von 9 km/h, ebenso bei Ausbleiben des Bremsstromes, oder bei Loslassen des Totmann-Fußtrittes. Außerdem kann diese Bremse durch Hebel vom Talführerstand aus betätigt werden. Bei der Bergfahrt bleibt der Hebel angezogen, um ungewolltes Rückwärtsrollen des Fahrzeuges zu verhindern. Außer der genannten Bremse sind vorhanden: Eine Spindelbremse, die auf die Treibzahnräder

Digitized by Google

arbeitet, und die elektrische Widerstandsbremse, die bei Talfahrt als Betriebsbremse benutzt wird.

Elektrischer Teil. — Die Dachausrüstung enthält zwei Scherenstromabnehmer, von denen der eine mit Eiskratzer ausgerüstet werden kann, eine Drosselspule und einen Überstrom-Selbstausschalter mit Selbst- und Fernauslösung. Auf den beiden Führerständen sind 18stufige Nockenfahrschalter mit Einzelblasung untergebracht. Der Berg-Fahrschalter dient nur zum Fahren, der Tal-Fahrschalter nur zum Bremsen. Die unter dem Wagenkasten aufgehängten Anfahr-Bremswiderstände werden durch einen Motorlüfter künstlich gekühlt, wobei der Motorlüfter bei Bergfahrt nur beim Anfahren, bei Talfahrt jedoch ständig in Betrieb ist. Die geförderte Kühlluftmenge paßt sich der jeweiligen Belastung an.

Der selbstlüftende Doppelmotor ist mit Rücksicht auf die niedrige Wagenfußbodenlage sehr gedrungen gebaut. Die Kennlinien des Doppelmotors zeigt Abb. 2. Die beiden Anker und die beiden Felder liegen für sich beim Fahren wie beim Bremsen fest in Reihe. Eine alkalische Hilfsbatterie für 18 V speist die Beleuchtung, die Signale und die Sicherheits-Fahrbremseinrichtung. — Die Umstellung der Pilatusbahn auf elektrischen Betrieb wurde im Mai 1937 beendet. Der Betrieb hat sich seitdem derartig verstärkt, daß die Tagesleistung eines Triebwagens etwa 40 Doppelfahrten gleich 40 bis 50 km erreicht hat. *Nk.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.394.341

Grundsätzliches über die im Bell-System verwendeten Fernschreiber. [Nach E. F. Watson, Bell Syst. techn. J. 17 (1938) S. 620; 19 S., 10 Abb.]

Die im Teletypewriter Exchange Service (TWX-Dienst) des Bell-Systems benutzten Fernschreiber arbeiten mit einem Fünferalphabet, das auf der Buchstabenseite mit dem zwischenstaatlichen Telegraphenalphabet Nr. 2 übereinstimmt, auf der Ziffern- und Zeichenseite hingegen hiervon abweicht und den Zwecken des TWX angepaßt ist. Das Tastenwerk ist dreireihig. Es werden große Buchstaben abgedruckt. Die Fernschreiber arbeiten nach dem Start-Stop-Verfahren mit verlängertem Stopschritt. Die Antriebsmotoren sind entweder Synchronmotoren (60 Hz) oder Stromwendermotoren mit Fliehkraftregler. Der Spielraum der Apparate beträgt 40% Zeichenverzerrung und 35% Start-Stop-Verzerrung. Bei langen zusammengesetzten Leitungen werden entzerrende Übertrager eingeschaltet. Der benutzte Einweg-Entzerrer besteht aus einem Empfangsmagneten und einem Satz Sendekontakten, die durch einen einfachen Steuermechanismus miteinander verbunden sind. Als Antrieb dient ein Motor. Mittels mehrerer Entzerrer kann jede gewünschte Entfernung überbrückt werden. In dieser Weise arbeiten mehrere lange schwierige Verbindungen durchaus befriedigend. Da mit verlängertem Stopschritt gearbeitet wird, reicht eine einfache Geschwindigkeitsregelung für den Entzerrer aus. Im Bell-System wird im allgemeinen mit einer Telegraphierleistung von 60 Worten/min entsprechend 360 Zeichen/min gearbeitet; sie kann jedoch auch bis zu 75 gesteigert werden, falls dies einmal notwendig werden sollte. Die Erfahrung hat bewiesen, daß ein Apparat nur dann wirklich betriebsfähig ist, wenn er bei einem Dauerversuch im Laboratorium mindestens 10^6 Worte (= $6 \cdot 10^6$ Zeichen) fehlerfrei und ohne die geringste Störung abdruckt. Im praktischen Betrieb erfordern die Fernschreiber bei täglich achtstündiger Benutzung nur jeden zweiten Monat Wartung. Erreicht wird dieser günstige Stand durch sorgfältige Auswahl der Schmiermittel. Um die Wartung weitgehend zu verbilligen, müssen die öfters schadhaft werdenden Teile leicht ausgewechselt werden können. Zwecks Unterbrechung der Sendestelle bei fehlerhaftem Empfang ist ein Unterbrecher vorgesehen. Dies ist besonders für den Lochstreifenbetrieb wichtig. Weitere technische Vorrichtungen an den Fernschreibern, die zur Vervollkommnung des Fernschreibdienstes dienen, sind: Selbsttätiger Motorausschalter mit Einrichtung zur Ferneinschaltung, besonderes Glockenzeichen, Speicher zur Erhöhung der Schreibgeschwindigkeit. Im Bell-System werden Blattschreiber und Streifenschreiber verwendet. Es gibt Blattschreiber mit Typenhebeln und Typenrädern. Zur Herstellung von mehreren Textdurchschlägen dienen die Blattschreiber mit Typenhebeln. Für geringere Ansprüche wurde der Blattschreiber mit Typenraddruck entwickelt, der zwar nur einen Durchschlag gestattet, dafür aber auch erheblich billiger ist. Für Vermittlungsschränke sind kleinere Maschinen, und zwar Streifendrucker, geschaffen worden, die räumlich sogar in einen Fernsprechvermittlungsschrank eingebaut werden können. Sie sind für den Vermittlungsdienst besonders eingerichtet worden und haben folgende Merkmale: Geräuschloses Arbeiten infolge sorgfältiger Abdeckung, geneigte Lage, um ein aufrechtes Arbeiten des Schrankbeamten zu ermöglichen, Zeichenzählvorrichtung mit optischer Anzeige für das Zusammenarbeiten mit Blattschreibern, Farbbandvorschubmechanismus mit seitlicher Vor- und Rückbewegung des Farbbandes, um eine bessere Sicht des geschriebenen Textes zu gewährleisten und besondere Antriebs- und Gleichlaufstromkreise, um die Motoren gegebenenfalls vom Wechselstromnetz auf die Telegraphenbatterie umschalten zu können. Für den Teilnehmerfernschreibdienst sind ferner Mitschreibmaschinen (Streifenschreiber) vorgesehen, die in den Verstärkerämtern aufgestellt werden und für Verzerrungsmessungen dienen. Diese Maschinen haben eine Zeichenzählvorrichtung, einen Zwei-Geschwindigkeiten-Regler mit Umschalter zur Anpassung an die beiden üblichen Telegraphierleistungen von 40 und 60 Worten/min und einen mit besonderer Skala versehenen und von außen mittels Kurbel zugänglichen Empfangssteller, mit dem Verzerrungsmessungen durchgeführt werden können. Bei großem Verkehrsumfang und zur Ausnutzung der vorgegebenen Telegraphierleistung, vor allem im TWX-Dienst, werden Lochstreifengeräte eingesetzt. *Schk.*

DK 621.395.347 (492)

Selbstwählferndienst in den Niederlanden. [Nach J. P. Verlooy u. M. den Hertog, Elektr. Nachr.-Wes. 17 (1938) S. 81; 9½ S., 8 Abb.]

Nachdem im Ortsverkehr schon rd. 70% der Teilnehmeranschlüsse Wählbetrieb haben, führt die niederländische Fernsprechverwaltung gegenwärtig einen umfassenden Plan zur Einrichtung des Selbstwählferndienstes durch. Das Land wurde hierzu in 20 Netzgruppen mit einem mittleren Durchmesser von etwa 50 km eingeteilt. Jede Netzgruppe hat ein Hauptamt, dem zunächst noch ein handbedientes Fernamt beigegeben ist. Die Vermittlungsstellen einer Netzgruppe werden sternförmig, teils unmittelbar, teils über Verbundämter an das Hauptamt angeschlossen. Sowohl für den Selbstwählferndienst innerhalb der eignen Netzgruppe als auch nach anderen Netzgruppen werden durchweg offene Kennzahlen angewendet. Diese sind gegenwärtig vierstellig. Sie bestehen aus der Verkehrsscheidungsziffer 0, mit der das Netzgruppenhauptamt angesteuert wird, und aus drei Ziffern zur Auswahl der Netzgruppe, des Verbundamts und schließlich der Vermittlungsstelle des verlangten Teilnehmers. Da die Kennzahlen 001 bis 000 für den Anruf von Dienststellen verwendet werden, können mit den Kennzahlen 01 bis 09 neben der eignen nur acht fremde Netzgruppen erreicht werden. Verbindungen zu den übrigen 11 Netzgruppen müssen daher von Hand vermittelt werden. Die niederländische Verwaltung hat dieses Kennzahlensystem vor einigen Jahren auf Grund der Erwägung eingeführt, daß mit der Zugänglichkeit zur eignen und zu acht benachbarten oder wichtigen anderen Netzgruppen 85% des gesamten Fernverkehrs im Wege der Selbstwahl abgewickelt werden können und daß die verbleibenden, von Hand zu vermittelnden 15% den Aufwand besonderer technischer Einrichtungen für die Selbstwahl nicht lohnen würden. Die Erfahrungen mit den ersten Einrichtungen für Selbstwählferndienst waren jedoch so gut, daß man sich neuerdings entschlossen hat, den Selbstwählferndienst auf das ganze Land auszudehnen. Hierzu wurden fünf günstig im Leitungsnetz gelegene Netzgruppenhauptämter (Amsterdam, Rotterdam, Zwolle, Arnheim und Herzogenbusch) als künftige Knotenpunkte des gesamten Fernverkehrs, sogenannte Gruppenzentren, in Aussicht genommen und mit Vierdrahtleitungen untereinander verbunden. Auf die einzelnen Gruppenzentren werden die in ihrer Umgebung gelegenen Netzgruppen gestützt. Die fünf Gruppenzentren sollen nach vollständigem Ausbau des Selbstwählferndienstes die alleinigen Träger der Handvermittlung sein. Im Zusammenhang mit der Ausdehnung des Selbstwählferndienstes werden binnen kurzem fünfstellige Kennzahlen eingeführt werden.

Zur möglichst guten Leitungsbündelung wird weitgehend von der „Tandem-Schaltung" Gebrauch gemacht. So hat z. B. das Netzgruppenhauptamt Haarlem unmittelbare Leitungen nur nach den in seiner Nähe gelegenen Netzgruppenhauptämtern Rotterdam, Alkmar, Den Haag und Amsterdam. Verbindungen nach den übrigen, heute von Haarlem aus im Selbstwählferndienst erreichbaren Netzgruppen Zwolle, Utrecht, Arnheim und Herzogenbusch verlaufen über das Gruppenzentrum Amsterdam.

Verbindungen, die die Teilnehmer heute noch nicht selbst wählen können, werden beim Fernamt der eignen Netzgruppe angemeldet. Die Fernbeamtin hat schon jetzt die Möglichkeit, alle Teilnehmer des Landes, die an Wählerämter angeschlossen sind, zu wählen. Solche Verbindungen verlaufen, ebenfalls in Tandem-Schaltung, über das nächste Gruppenzentrum vier-

Digitized by Google

drähtig zum Gruppenzentrum der verlangten Netzgruppe und von dort in die gewünschte Netzgruppe.

In den Niederlanden gibt es Wählerämter mit direkter Steuerung nach dem Schrittschaltsystem von Siemens und mit indirekter Steuerung nach dem Rotarysystem mit Registern. Für den Selbstwählferndienst zwischen beiden Systemen wurden Anpassungsschaltungen vorgesehen. Für die Wahl und Zeichengebung wird innerhalb der Netzgruppen vorwiegend Wechselstrom 50 Hz, auf den Fernleitungen teils Wechselstrom 50 Hz, teils Tonfrequenzstrom verwendet.

Die Gebühr für Selbstwählferngespräche wird von Zeitzonenzählern ermittelt und als Vielfaches der Ortsgebühr auf den Gesprächszähler des Rufenden übertragen. Der Beginn der Zählung der ersten 3 min-Einheit wird um etwa 10 s verzögert, damit der Teilnehmer die Richtigkeit der gewählten Verbindung prüfen und im Falle einer Fehlverbindung ohne Zählung einhängen kann. *Zsch.*

DK 621.396.615.14

Schwingungserzeugung im Ultrakurzwellenbereich durch Rückkopplung. [Nach M. Kobayasi u. H. Nisio, Nippon Electr. Commun. Engng. (1938) S. 493; 6 S., 5 Abb.]

Die Erzeugung von Hochfrequenz hoher Leistung im Ultrakurzwellenbereich ist eine Vorbedingung für den Bau von Fernsehsendern. Die Verf. untersuchen die Brauchbarkeit der im Handel befindlichen Kurzwellenröhre TW 530-B bei 6, 5, 4 und 3 m Wellenlänge sowie die Brauchbarkeit einer von ihnen entwickelten Röhre LD-22-B für den genannten Zweck. Die Leistungsabgabe wird als Unterschied zwischen der der Röhre zugeführten Leistung und der Anodenverlustleistung bestimmt. Die Röhren arbeiten über einen Feeder auf eine Antenne. Unter günstigsten Betriebsbedingungen werden folgende Werte ermittelt:

1. Röhre TW 530-B:
   - 6 m-Welle: Nutzleistung 50 kW, Wirkungsgrad 42%,
   - 5 m-Welle: Nutzleistung 32 kW, Wirkungsgrad 40%,
   - 4 m-Welle: Nutzleistung 30,5 kW, Wirkungsgrad 30%.
2. Röhre LD-22-C:
   - 3 m-Welle: Nutzleistung 17 kW, Wirkungsgrad 58%.

Die Röhre LD-22-C ist eine Wasserkühlröhre, bei der Gitter und Kathode zweiseitig eingeführt sind und der Anodendurchmesser mit Rücksicht auf die Laufzeitverluste möglichst gering gewählt ist. In allen Fällen gestattet die Gegentaktschaltung die größte Leistungsentnahme. *Ghs.*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 538.532–96/–97 : 621.318.42.017.22.001.1

Abhängigkeit des Temperaturkoeffizienten eisenloser Drosselspulen von der Frequenz. [Nach H. A. Thomas, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 101; 12 S., 13 Abb.]

Die Induktivität eisenloser Drosselspulen ändert sich bekanntlich mit der Erwärmung[1]), und in Schwingkreisen, die für eine sehr genaue Einstellung der Frequenz bestimmt sind, müssen Drosselspulen mit einem möglichst niedrigen und gleichbleibenden Temperaturkoeffizienten verwendet werden. Ein solcher wird bei Spulen erhalten, deren Wicklung aus einer sehr dünnen elektrolytisch oder durch Spritzverfahren hergestellten spiralförmigen Schicht besteht, die an einem keramischen Zylinder fest anliegt. Die Induktivität ändert sich dann nur infolge der Ausdehnung des Zylinders; die Eigenkapazität der Spule ändert sich dabei infolge der Änderung der Dielektrizitätskonstante des Zylinderwerkstoffs. Ist α der Ausdehnungskoeffizient des Zylinderwerkstoffs und γ der Temperaturkoeffizient seiner Dielektrizitätskonstante, so ist der Temperaturkoeffizient λ der Induktivität solcher Spulen:

$$\lambda \approx \frac{1}{2}(\alpha + \gamma).$$

Es hat sich jedoch gezeigt, daß der Wert von λ auch von der Frequenz f abhängig ist, und zwar in stärkerem Maße, als es einer Abhängigkeit zwischen σ und f entsprechen sollte. Dieser Einfluß der Frequenz auf den Temperaturkoeffizient ist auf die Hautwirkung zurückzuführen[2]). Diese ist nicht nur von der Frequenz, sondern auch von dem spez. Widerstand des Leiterwerkstoffs, also von der Temperatur, abhängig. Da die Induktivität bei Hochfrequenz durch die Stromverteilung im Leiterquerschnitt gegeben ist, so ändert sie sich mit der Temperatur und der Frequenz, und der Temperaturkoeffizient der Induktivität muß infolgedessen eine Funktion der Frequenz sein.

[1]) Vgl. J. Hak, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 617.
[2]) J. Groszkowski, Wireless Engr. 12 (1935) S. 650.

Die Hochfrequenzinduktivität L von geraden runden Drähten (Halbmesser ϱ, Länge l cm) ist durch den Ausdruck

$$L = L_0 \left(\frac{1 - \frac{4Z}{xY}}{4 \ln\left(\frac{2l}{\varrho}\right) - 3} \right)$$

gegeben, wobei L_0 die Gleichstrominduktivität und Y und Z die bekannten von Kelvin eingeführten Funktionen

$$Y = (\mathrm{ber}'x)^2 + (\mathrm{bei}'x)^2$$
$$Z = \mathrm{ber}\,x\,\mathrm{ber}'x + \mathrm{bei}\,x\,\mathrm{bei}'x$$

von $x = 2\pi\varrho\sqrt{2f\mu/\sigma}$ sind (μ Permeabilität, σ spez. Widerstand, 1722 für Kupfer bei 20° C). Der Temperaturkoeffizient λ_d solcher Drähte ist also eine Funktion der Drahtlänge l und der Frequenz f, weil nämlich auch x eine Funktion der Temperatur ist. Der berechnete Verlauf von λ_d zeigt, daß für jede Drahtlänge ein Maximum von λ_d für eine gewisse Frequenz erreicht wird. Für $l = 320$ cm und $\varrho = 0{,}01$ cm liegt z. B. diese Frequenz bei $f = 3{,}2 \cdot 10^6$ Hz, und der Höchstwert von λ_d ist $30{,}8 \cdot 10^{-6}$/°C.

Angenähert können die für gerade Drähte erhaltenen Ergebnisse auch auf Spulen, besonders solche von großer Ganghöhe, übertragen werden. Tatsächlich ergaben die Messungen der Temperaturkoeffizienten von auf Silika-Zylinder gewickelten Spulen (Spulendurchmesser 6,7 cm, 8 Windungen, Ganghöhe 0,5 cm, $\varrho = 0{,}0061$; 0,0076; 0,0096 cm) im Frequenzbereich von 5 bis $14 \cdot 10^6$ Hz eine gute Übereinstimmung mit den für gerade Drähte entsprechender Länge berechneten Werten. Versuche an einer sechseckigen Spule, die auf einen aus 6 Glasstäbchen bestehenden Träger gewickelt wurde, ließen große Unregelmäßigkeiten der Temperaturkoeffizienten erkennen, die von der mechanischen Vorspannung des Leiters während der Aufwicklung herrührten. Solche nicht fest mit dem Träger verbundenen Spulen sind daher für die Gleichhaltung der Induktivität nicht geeignet[1]). Die erwähnten aus auf keramischen Zylindern niedergeschlagenen Windungen bestehenden Spulen besitzen keinen runden Leiterquerschnitt. Dieser ist **U**-förmig oder bandförmig. Für solche Spulen (Durchmesser 30 cm, Ganghöhe 3 mm, 23 und 18 Windungen, keramischer Zylinder mit $\alpha = 7{,}8 \cdot 10^{-6}$/° C, $\gamma = 160 \cdot 10^{-6}$/° C; Leiterquerschnitt: axiale Breite 2 mm, radiale Dicke 0,0076 mm) wurde keine genaue Übereinstimmung zwischen den gemessenen Werten des Temperaturkoeffizienten der Induktivität und denjenigen erhalten, die für den runden Leiterquerschnitt gleicher Fläche berechnet wurden. Der tatsächliche Verlauf ist viel günstiger, und diese Versuchsspulen besitzen einen sehr niedrigen Temperaturkoeffizienten (rd. $20 \cdot 10^{-6}$/° C), der von 1 bis $8 \cdot 10^6$ Hz konstant bleibt, um erst bei noch höheren Frequenzen rasch anzusteigen. Solche Spulen sind infolgedessen für die Gleichhaltung der Induktivität sehr geeignet. *-ak.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 539.391 : 691.6

Glanzfreies Glas. [Nach Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 94; 1 ½ S., 3 Abb.]

Mit einem neuen Verfahren kann man die Lichtreflexion des Glases verhindern, so daß also Glasscheiben bei jedem Durchsichtwinkel ohne Reflexe durchsichtig sind[2]). Man bringt hierzu auf die Glasflächen einen dünnen Film, dessen Dicke theoretisch gleich ¼ (oder Mehrfaches hiervon) der Lichtwellenlänge betragen muß. Der Film muß so beschaffen sein, daß das von seiner Oberfläche reflektierte Licht gleich an Intensität und umgekehrt in Phase ist wie das von der Glasfläche reflektierte Licht. Dies läßt sich vollkommen nur für jeweils eine Wellenlänge erreichen, jedoch ist praktisch für Tageslicht die Einstellung auf Natriumlicht ausreichend. Zur Herstellung der die Reflexion verhindernden Filme sind Seifen bestimmter Fettsäuren insbesondere Ba-Stearat geeignet. Die Herstellung dieser Filme durch Eintauchen der Glasscheiben in Wasser, auf dessen Oberfläche eine molekulare Schicht von Ba-Stearat schwimmt, ist beschrieben. *Tpl.*.

[1]) Vgl. H. A. Thomas, J. Instn. electr. Engrs. 77 (1935) S. 702.
[2]) S. a. Bericht aus Phys. Rev. 55 (1939) S. 391; ETZ 60 (1939) S. 1386.

Digitized by Google

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Die Bedeutung des Elektrofahrzeuges im Kriege.

Von H. Ketelhohn, Berlin.

DK 629.113.65

Übersicht. Auf die erhöhte Verwendung der Elektrizität als Antriebsmittel für Fahrzeuge im Kriege wird hingewiesen und die Verkehrsleistungen und Reisegeschwindigkeiten von Nutzlastkraftwagen verschiedener Antriebsart im Stadtverkehr gegenübergestellt.

Wohl kein Problem gewinnt im Kriegsfalle so stark an Bedeutung wie das Treibstoffproblem. Die politische und wirtschaftliche Unabhängigkeit eines Landes wie seine Wehrkraft hängen zum entscheidenden Teile davon ab, wieweit es im Hinblick auf seinen Bedarf an Treib- und Schmierstoffen aller Art vom Auslande unabhängig ist. Wenn auch jeder Versuch, die im Kriegsfalle erforderlichen Treibstoffmengen im voraus zu bestimmen, mit einer Reihe von Unsicherheitsfaktoren belastet ist, so steht doch fest, daß die Kraftstoffmenge ungeheuer groß sein muß. Es ist daher selbstverständlich, daß bei den augenblicklichen kriegerischen Verwicklungen von der Reichsregierung Verordnungen erlassen wurden, die nicht nur die brauchbaren Fahrzeuge für die Kampffront sicherstellen, sondern die mit allen Mitteln darauf hinzielen, Treibstoffe einzusparen, um sie der kämpfenden Truppe nutzbar zu machen. Es ergibt sich daher die dringende Notwendigkeit, sämtliche verfügbaren einheimischen Quellen der deutschen Treibstofferzeugung nutzbar zu machen, und vor allen Dingen die lebensnotwendigen Transportaufgaben mit solchen Fahrzeugen durchzuführen, deren Kraftstoffe in der Heimat in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen und die an der Front keine Verwendung finden. Zu diesen Treibmitteln gehört in erster Linie die Elektrizität. Dieser Energieträger wird zum überwiegenden Teil aus der Kohle, mit der die Natur unser Land so reich gesegnet hat, gewonnen.

Elektro-Fahrzeuge sind ausgesprochene Nahverkehrsmittel. Sie eignen sich, wie die Erfahrungen vieler Betriebe ergeben haben, in hervorragendem Maße für den Lieferdienst im Stadtverkehr. Die hohe Wirtschaftlichkeit dieser Beförderungsmittel im Kurzstreckenverkehr ist erwiesen und schon oft Gegenstand ausführlicher Abhandlungen gewesen[2]), so daß hierauf nicht mehr eingegangen werden braucht. Eine steigende Verwendung dieser Fahrzeuge im Kriegsfalle hatte sich schon im Weltkrieg ergeben. Nicht nur, daß von der Inspektion der Kraftfahrtruppen allerdings erst gegen Kriegsende 500 elektrisch betriebene 5 t-Wagen für die Bewältigung von Nahverkehrsaufgaben in der Heimat eingesetzt wurden, sondern es wurde auch die Elektrodroschke in stärkerem Ausmaße wieder in das Verkehrsleben einbezogen. Auch augenblicklich sieht man sich veranlaßt, ähnliche Maßnahmen zu ergreifen. So ist z. B. ein großes Berliner Verkehrsunternehmen dazu übergegangen, seine Diesel- und Benzin Omnibusse immer mehr außer Betrieb zu setzen und die Personenbeförderung mit Straßenbahn, U-Bahn und Obus — also mit rein elektrisch angetriebenen Verkehrsmitteln — durchzuführen. So einfach nun auch eine Umstellung in diesem Verkehrszweig auf elektrisch angetriebene Fahrzeuge möglich ist, so schwierig ist es, in der Frachtenbeförderung die Elektrizität als Treibmittel zu bevorzugen. Nur etwa 2 % aller Lastkraftfahrzeuge sind mit elektrischem Antrieb ausgerüstet. Der geringen Verwendung der Elektrofahrzeuge standen angeblich ihre niedrige Geschwindigkeit und ihr begrenzter Fahrbereich, die von entscheidender Bedeutung für die Leistungsfähigkeit eines Kraftwagens sind, entgegen. Im folgenden soll deshalb einmal auf die Verkehrsleistungen von solchen Nutzlastkraftwagen eingegangen werden, die innerhalb des Stadtgebietes im leichten und mittelschweren Lieferdienst einzusetzen sind. Dieser Lieferdienst umfaßt alle diejenigen Verkehrsaufgaben, bei denen es sich z. B. um die Filialbelieferungen größerer Unternehmungen mit Verkaufsgegenständen (Brot, Molkereiprodukte, Bier, Mineralwasser usw.) oder aber auch um die Warenverteilung eines Kaufhauses im Stadtgebiet handelt. Meistensteils erfolgen bei diesen Förderarbeiten die Fahrten nach einem festgelegten Plan und in einem regelmäßigen Turnus. Als Maß für die Verkehrsleistung der Fahrzeuge legt man nicht die während eines bestimmten Zeitabschnittes beförderte Last in Kilogramm, sondern z. B. die Anzahl der während eines Tages belieferten Kunden zugrunde. Die Größe dieser Verkehrs- oder Lieferleistung wird nun bestimmt durch

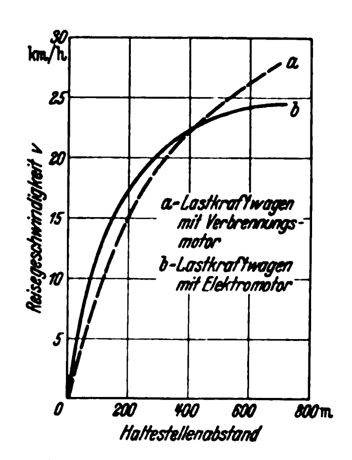


Abb. 1. Einfluß der Haltestellenabstände auf die Reisegeschwindigkeit von Nutzlastkraftwagen verschiedener Antriebsart.

1. die Fahrzeuggeschwindigkeit,
2. die Länge der Fahrstrecken zwischen den Lieferorten,
3. die Zeitdauer für das Auf- bzw. Abladen des Fördergutes an den Haltestellen,
4. die Betriebszeit.

In den folgenden Darlegungen soll nun an Hand eines Beispieles für verschiedene Ladezeiten und Ladeortsentfernungen die Anzahl der Lieferstellen ermittelt werden, die bei täglich 8stündiger Arbeitszeit sowohl von einem Elektrowagen als auch von einem Wagen mit Verbrennungsmotor angelaufen werden können. Ladezeit und Lieferortsentfernungen sollen dabei einer Änderung unterzogen werden. Als Fahrzeuggeschwindigkeit sind die Werte eingesetzt, die sich aus den Schaulinien der Abb. 1 ergeben. Die hier dargestellten Kurven stellen die mittlere Reisegeschwindigkeit dar, die durch Fahrversuche mit Lastwagen verschiedener Antriebsart in der Praxis ermittelt wurden[3]). Es zeigt sich hierbei, daß bei Kurzstrecken bis etwa 400 m das Elektrofahrzeug trotz seiner niedrigen Höchstgeschwindigkeit eine größere Reisegeschwindigkeit entwickelt, als ein Wagen mit Verbrennungsmotor. Das liegt einmal an der kurzen Anlaßzeit, zum anderen aber auch an der hohen Anfahrbeschleunigung des Elektrowagens. Die Anlaßzeit, d. h. die Zeit, die benötigt wird, um den Motor anlaufen zu lassen, bevor der Wagen selbst fährt, ist bei dem Elektrofahrzeug praktisch gleich Null. Das Fahrzeug setzt sich also so-

[1]) Öl und Kohle 31 (1939) S. 622.
[2]) ETZ 57 (1936) S. 261.
[3]) ETZ 58 (1937) S. 185.

fort nach Einschalten des Fahrschalters in Bewegung. Der Benzin- oder Dieselwagen gebraucht hierzu etwa 5 s[4]). Dieser Wert wird allerdings auch nur dann erreicht, wenn der Wagen gleich anspringt. Bei kaltem Wetter können Anlaßzeiten bis zu einigen Minuten entstehen. Von entscheidender Bedeutung für die größere Reisegeschwindigkeit des Elektrofahrzeuges ist aber die Höhe seiner Anfahrbeschleunigung. Dieser Einfluß tritt am stärksten bei einer häufigen Geschwindigkeitsänderung in Erscheinung, d. h. wenn das Fahrzeug oft anfahren und anhalten muß, wie dies im Stadtverkehr durch die freiwilligen und unfreiwilligen Haltestellen bedingt ist. Bekanntlich besitzt der Antriebsmotor des Elektrofahrzeuges die Eigenschaft im Stillstand das größte Drehmoment zu erzeugen. Dieses hohe Anfahrmoment und damit die praktisch ununterbrochene Zugkraft bewirken, daß keine Geschwindigkeitsverluste auftreten. Wesentlich anders verhält sich hier der Verbrennungsmotor. Da er im unteren Drehzahlbereich überhaupt kein Nutzmoment abgeben kann, verwendet man, um durch solche Antriebsmaschinen ein Fahrzeug in Bewegung zu setzen, ein mit verschiedenen Untersetzungen ausgerüstetes Stufengetriebe. Die Betätigung dieser Hilfseinrichtungen erfordern aber je nach der Geschicklichkeit des Fahrers eine mehr oder weniger lange Zeit. Durch Versuche wurde festgestellt, daß z. B. für das Umschalten von einer Fahrstufe zur anderen beim Verbrennungsmotor etwa 1,9 s benötigt werden[5]). Da bei diesen Vorgängen zeitweilig die Triebkraft des Motors unterbrochen wird, tritt durch die verzögernd wirkenden Fahrwiderstände ein Geschwindigkeitsverlust und somit eine Verminderung der Wagenbeschleunigung ein. Versuchsfahrten haben ergeben, daß bei einem Elektro- und einem Benzinwagen von je 0,8 t Tragkraft die Anfahrbeschleunigung des Elektrowagens 0,67 m/s², die des Benzinwagens 0,49 m/s² betrug[6]).

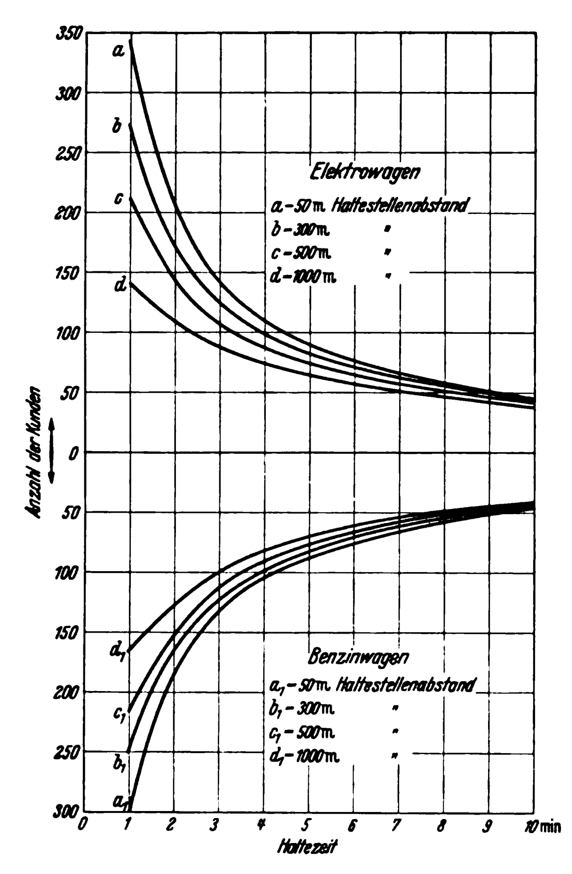


Abb. 2. Einfluß der Haltezeit von Nutzlastkraftwagen verschiedener Antriebsart auf die Anzahl der täglich zu beliefernden Kunden bei veränderlichen Haltestellenabständen

Den zahlenmäßigen Zusammenhang von Fahrzeuggeschwindigkeit, Haltestellenentfernung und Ladezeit gibt folgende Gleichung:

$$n = \frac{60}{\frac{0{,}06}{v} S_H + t_l} \text{ Lieferstellen/Stunde}^{7)}.$$

Hierin bedeuten:

n Anzahl der stündlich vom Fahrzeug angelaufenen Ladeorte,
v Fahrzeuggeschwindigkeit in km/h,
S_H Haltestellenabstand in m,
t_l Ladezeit in min.

Vorstehende Gleichung ergibt, daß die Lieferleistung eines Fahrzeuges proportional ist seiner Reisegeschwindigkeit und umgekehrt proportional der an den Lieferorten zu verbringenden Haltezeit. Das bedeutet für den Elektrowagen, der bis zu Kurzstrecken von 400 m gegenüber den Benzinwagen die größere Geschwindigkeit hat, daß auch innerhalb dieses Bereiches seine Lieferleistung die größere sein muß. Wie die Schaulinien der Abb. 2 zeigen, ist diese Überlegenheit um so größer, je kleiner der Abstand der Lieferstellen ist und je kürzer die hier zu verbringende Zeit für das Abladen des Fördergutes ist. Gleichzeitig gibt die Kurvenschar aber auch noch darüber Aufschluß, welche täglichen Anforderungen man an die Leistungsfähigkeit eines Fahrzeuges stellen kann. So lassen sich z. B. bei ununterbrochenem 8-stündigem Fahrbetrieb bei einer Haltezeit von 3 min je Kunde und Lieferortsentfernungen von 50 m 141 Kunden anlaufen. Der Benzinwagen würde in diesem Falle eine um 6 % geringere Leistung vollbringen.

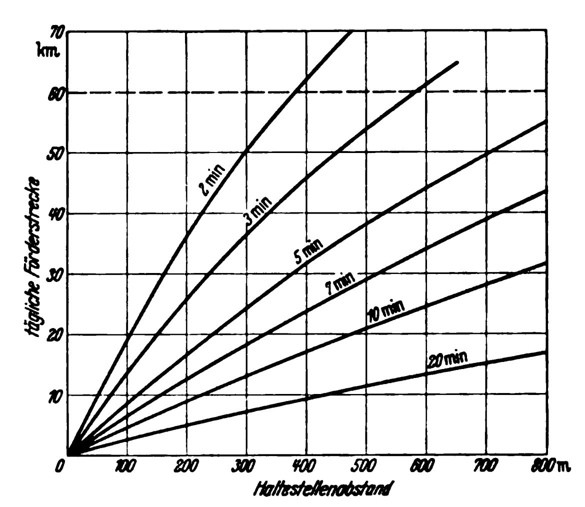


Abb. 3. Einfluß von Haltezeit und Halteortsentfernung auf den Fahrbereich eines Elektrolastkraftwagens.

Den Einfluß von Haltezeit und Halteortsentfernung auf den Fahrbereich des Fahrzeuges zeigt Abb. 3. Nach den hier dargestellten Werten erreicht das Elektrofahrzeug während einer 8-stündigen täglichen Arbeitszeit bei unterbrochenem Betrieb (ohne Mittagspause der Fahrer) für alle Förderarbeiten, bei denen Haltestellenentfernungen bis zu etwa 400 m durchlaufen werden müssen, selbst bei kleinen Aufenthaltszeiten an den Ladeorten nicht die tägliche Fahrstrecke von 60 km. Werden also Verkehrsaufgaben, die den innerhalb dieser Grenzen liegenden Betriebsbedingungen entsprechen, an ein Fahrzeug gestellt, so ist hier das Elektrofahrzeug nicht nur das billigste und schnellste Verkehrsmittel, sondern es

4) Automobiltechn. Zeitung (1933) S. 182.
5) Fördertechnik 30 (1937) H. 2, S. 30.
6) ETZ 58 (1937) S. 186.
7) Fördertechnik und Frachtverkehr 29 (1936) S. 1036.

Digitized by Google

kann auch ohne Bedenken auf seinen begrenzten Fahrbereich eingesetzt werden. Außerdem läßt aber die Abb. 3 erkennen, wie groß über den erwähnten Bereich hinaus die Möglichkeit der Verwendung von Elektrofahrzeugen ist, ohne daß dabei die 60 km-Grenze überschritten wird.

Zusammenfassung.

Im Kriegsfalle sind Elektrofahrzeuge in hervorragendem Maße geeignet, das Förderleben der wichtigen Industrie und Versorgungsbetriebe zu sichern. Diese Fahrzeuge unterliegen keiner Beschlagnahme und gebrauchen keine Treibstoffe, die an der Front benötigt werden. Ein vermehrter Einsatz dieser Fahrzeuge würde also mittelbar die Wehrfähigkeit des Reiches steigern. Die Ausführungen haben auch ferner gezeigt, wie groß der Bereich ist, für den Elektrofahrzeuge mit Erfolg verwendet werden können. Bei allen Förderaufgaben, wo es sich um das Durchlaufen von Kurzstrecken bis zu 400 m handelt, ist das Elektrofahrzeug dem Benzinwagen leistungs- und kostenmäßig überlegen. Der begrenzte Fahrbereich stellt durchaus kein Hindernis dar.

DK 621.335.51.003.1

Betriebskosten im Elektrokarren-Förderwesen. [Nach Fr. Roesner, Masch.-Bau Betrieb 18 (1939) S. 31; 3 S., 1 Abb.]

Für Betriebe, die Elektrokarren verwenden, wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für verschiedene Bauarten von 1 bis 3 t Tragfähigkeit durchgeführt. Die festen Kosten umfassen: 5% Verzinsung vom Gesamtanschaffungswert, Abschreibung in 15 Jahren für Fahrzeug und Ladeanlage 4,63%

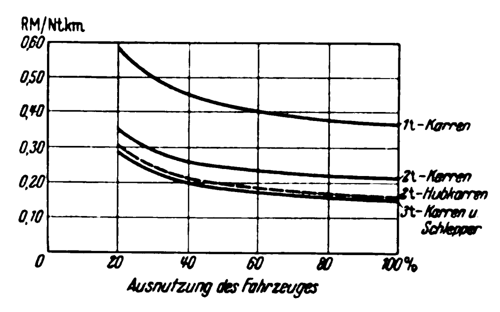


Abb. 1. Abhängigkeit der Betriebskosten von der Ausnutzung der Fahrzeuge.

(ohne Batterie und Bereifung), Haftpflicht-Versicherung, Kasko-Versicherung, Steuer (Kasko und Steuer nur für Straßenfahrzeuge) und Unterstellkosten. — Die veränderlichen Kosten umfassen: 8% Unterhaltung für Wartung und Instandhaltung, Erneuerungskosten für Reifen und 53% für Batterie, Stromkosten (mittlerer Strompreis 0,05 RM/kWh, 295 Ladungen/Jahr), Instandhaltung der Ladeanlage 1% zuzüglich Glaskolbenerneuerung und Fahrerlohn. Die Ergebnisse der Untersuchung, die besonders den Betriebskosten der verschiedenen Batteriearten breiten Raum gibt, sind in Zahlentafel 1 wiedergegeben.

Zahlentafel 1. Anschaffungskosten und Gesamtkosten für Elektrokarren und Ladeanlage.

		Elektrokarren mit fester Plattform			Elektro-hub-karren	Elektro-schlep-per
Nutzlast	kg	1 000	2 000	3 000	2 000	3 000
Jahresleistung	km	10 000	10 000	10 000	14 000	10 000
Gesamtanschaffungs-Kosten	RM	3 545	4 810	6 450	6 140	5 400
feste Kosten	RM/Jahr	582	742	915	684[1])	605[1])
veränderliche Kosten	RM/Jahr	3 075	3 481	3 803	3 924	3 918
Gesamtkosten	RM/Jahr	3 657	4 223	4 718	4 608	4 523
	RM/km	0,37	0,42	0,47	0,33	0,45
	RM/Nt/km	0,37	0,21	0,157	0,165	0,15

[1]) Ohne Steuer und ohne Kasko-Versicherung, da keine Straßenfahrzeuge.

Je nach Ausnutzung der Fahrzeuge sind die Kosten für Nutzlast-Tonnenkilometer (Nt/km) in ziemlich weiten Grenzen veränderlich, was in Abb. 1 dargestellt ist. *Opz.*

DK 621.311.1.003.1(52)

Japans Stromversorgung. [Nach N. N. Godbole, Proc. Nat. Acad. Sci. India Spec. Nr. (1938) S. 22; 16 S., 14 Abb., 14 Taf.]

Das gesamte japanische Hoheitsgebiet (außer den neueren Erwerbungen in China) umfaßt rd. 680 000 qkm, das des eigentlichen Reiches 385 000 qkm. Die mittlere Bevölkerungsdichte beträgt 181 Einwohner je Quadratkilometer. Die meist aus Holz erbauten japanischen Häuser lassen eine leichte Installation zu, so daß sich die Anlagen für elektrische Beleuchtung in den Häusern nach 1910 ganz bedeutend vermehrten. Die ersten Kraftwerksanlagen kamen bereits etwa im Jahre 1883, die ersten Wasserkraftwerke 1892 in Betrieb. Im Laufe der nächsten 20 Jahre nahmen sie ebenso an Zahl wie an Größe der Einheiten und der Gesamtleistung beträchtlich zu; in entsprechendem Maße wuchsen die auf Fernleitungen mit Spannungen bis 154 kV übertragenen Leistungen. Das Land verfügt über reichliche Wasserkräfte, die teilweise mit Dampfkraftwerken in Verbundbetrieb arbeiten. Die gesamte verfügbare Wasserkraft Japans beträgt etwa 10,7 Mill kW, von denen bereits über 4 Mill ausgebaut sind. Die für Industriezwecke verwendete Wasser- und Wärmekraft weist seit 1903 eine fast stetig ansteigende Entwicklung auf; im Jahre 1935 standen der Industrie über 3,4 Mill kW von Wasserkraft und über 2,6 Mill kW von Wärmekraft zur Verfügung.

Der überwiegende Teil der Stromverteilung ist in den Händen der fünf Hauptgesellschaften Tokio Denki, Dido, Toho, Nippon und Ujigawa. Die wichtigsten Wirtschaftszahlen der Werke lassen erkennen, daß die Anlagekosten und Erträge je nach den Gegenden des Landes starke Unterschiede aufweisen. Der jährliche Ausbau betrug in der letzten Zeit um 1930 etwa 10% der vorhandenen Anlagen. Der Stromverbrauch stieg stetig und betrug 1934 rd. 19,1 Mrd kWh, wovon etwa 20% für Licht und 80% für Kraftzwecke verwendet wurden. Hinsichtlich des Wasserkraftausbaues wird Japan letzthin nur von den V. S. Amerika, Kanada und Italien übertroffen. Die Strompreise sind je nach den Abnehmergruppen und Gebieten unterschiedlich. Für die Hausinstallationen werden vielfach 100 oder 110 V verwendet; die Spannung von 220 V bringt bei feuchter Atmosphäre bereits erhöhte Gefahren mit sich und wird meist nur für Kraftleitungen benutzt.

Die Streckenlänge elektrisierter Eisenbahnen in Japan betrug im Jahre 1932 bereits rd. 6000 km, die Länge der elektrischen Straßenbahnstrecken rd. 2450 km.

Durch gesetzgeberische Maßnahmen, die im einzelnen erläutert sind, ist die Lenkung der Stromversorgungsunternehmungen unter Wahrung staatlichen Einflusses geregelt; es bestehen besondere Gesetze für die Stromerzeugungs- und Verteilungsunternehmungen, die entsprechende steuerliche Belastungen erhalten. *Tsch.*

DK 621.317.8

Praktische Erfahrungen zur Umstellung von Haushalt- und Gewerbetarifen nach der Tarifordnung. [Nach G. Schnaus, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 318; $7^1/_2$ S.]

Nachdem die Vorarbeiten für die Landwirtschaftstarife allgemein abgeschlossen sind, hat sich das Interesse den Haushalt- und Gewerbetarifen zugewandt, die von einer Reihe von Unternehmen bereits ausgearbeitet und vorgelegt wurden. Dabei sind nicht nur zahlreiche Zweifelsfragen geklärt, sondern auch Entscheidungen getroffen worden, die für die Entwicklung der Tarife auf längere Sicht wichtig sind. So ist vor allem für die hochelektrifizierten Haushaltabnehmer die neuerdings im Rahmen der Tarifordnung eröffnete Möglichkeit von Bedeutung, daß Abnehmern mit besonders günstigem Verbrauch neben den normalen Grundpreistarifen (8 bzw. 15 Rpf/kWh Arbeitspreis) noch ein zusätzliches Entgegenkommen in einem

Digitized by Google

Tarif mit niedrigerem Arbeitspreis (praktisch meist 6 Rpf/kWh) eingeräumt werden kann, wenn sie eine Mindestabnahmeverpflichtung eingehen. Bisher vorliegende Ergebnisse lassen die Aufteilung der Mindestabnahme in einen festen (etwa 400 bis 600 kWh jährlich) und einen von der Raumzahl abhängigen Betrag (etwa 30 bis 50 kWh jährlich) zweckmäßig erscheinen. Neben dieser Lösung tritt die Schaffung des Kleinstabnehmer-Wärmetarifs, nach dem Wärmestrom zu einem normalen Arbeitspreis (z. B. 8 bis 10 Rpf/kWh) und zum Grundpreis des Kleinstabnehmertarifs (z. B. 50 Rpf monatlich für einen Zweileiterzähler) abgegeben werden kann, an praktischer Bedeutung zurück. Hinsichtlich der Festsetzung der Grundpreise, die sich bekanntlich für die Haushaltgrundpreistarife nach der Zahl der bewohnbaren Räume einschließlich einer Küche je Haushalt — jedoch unter Auslassung der Nebenräume und aller Räume unter 6 m² Grundfläche — richten, hat sich herausgestellt, daß vor allem in Städten die Zusammenfassung der Ein- und Zwei-Raumwohnungen mit einem Grundpreis vorteilhaft ist und daß die Grundpreise bei 15 Rpf/kWh Arbeitspreis zweckmäßig zu 65 bis 75% der Werte bei 8 Rpf/kWh angenommen werden.

Bei den Nachtstromtarifen hat sich die Anwendung der verschiedenen möglichen Formen mehr und mehr in folgendem Sinn geklärt: Den gewerblichen Abnehmern wird fast ausschließlich der Tarif mit Einschränkung des Verwendungszweckes eingeräumt, bei dem die zu höchstens 4 Rpf/kWh abgegebene Energie nur für bestimmte Geräte (Heißwasserspeicher, Speicheröfen usw.) verwendet werden darf und gesondert gemessen wird. Neben diesem Arbeitspreis ist in der Regel ein Zuschlag zum Grundpreis zu bezahlen, der einer „Zählermiete" für den Sonderzähler und die Schaltuhr entspricht. Während ein Teil der Unternehmen sich auch für die Haushalt- und Landwirtschaftsabnehmer mit dieser Form begnügt, geht ein anderer Teil für diese Abnehmergruppen weiter und gibt den Gesamtverbrauch innerhalb der festgesetzten Tages- bzw. Nachtzeiten zum Arbeitspreis von höchstens 4 Rpf/kWh frei. Diese Lösung hat den Vorteil der geschlossenen Installation und der gemeinsamen Messung des Gesamtverbrauchs über einen Doppeltarifzähler. Bei diesem Tarif wird meistens eine Mindestabnahmeverpflichtung verlangt, die sich auch aus einem festen (etwa 800 bis 1000 kWh jährlich) und einem von der Raumzahl (etwa 30 bis 50 kWh jährlich) bzw. der landwirtschaftlich genutzten Fläche (etwa 20 bis 30 kWh je ha jährlich) abhängigen Betrag zusammensetzt. Zuschläge zum Grundpreis sind an Stelle der Mindestverpflichtung hierbei seltener und haben mitunter die Form eines Hundertsatzes.

Auch bei den Gewerbelichttarifen laufen die Ergebnisse der bisherigen Erfahrungen in erster Linie auf eine Auswahl unter den verschiedenen Möglichkeiten hinaus, bei der die Bemessung der Grundpreise nach der Fläche der genutzten Räume unter Heranziehung der höheren Anschlußwerte in den Vordergrund getreten ist. Als Raumeinheit werden vorwiegend etwa je angefangene 10 m² Laden, Büro, Werkstatt usw., 30 m² Lager-, Versammlungsraum usw. und 60 bis 80 m² Nebenraum, Stallung usw. angerechnet, wobei gegen Bezahlung des Raum-Grundpreises etwa 100 W Anschlußwert je Raumeinheit, also eine ausreichende Beleuchtung, freigegeben werden. Der darüber hinausgehende Anschlußwert wird zusätzlich zum Grundpreis (z. B. je weitere angefangene 100 oder 150 W gleich einer Raumeinheit) veranlagt, wobei in der Regel die Lampen in Gruppen des Anschlußwertes zusammengefaßt und mit einem Durchschnittswert angerechnet werden (z. B. Lampen bis zu 75 W mit 40 W usw.). Diese Tarifform hat gegenüber den anderen — Bemessung der Grundpreise nur nach dem Anschlußwert oder nur nach der Fläche — den Vorzug, einerseits bei kleinen Anschlußwerten freizügige Installierung ohne Grundpreiserhöhung zu gestatten, andererseits die besonders hoch installierten Räume angemessen zusätzlich zu erfassen.

Die Gewerbekrafttarife umfassen nicht nur den Bedarf für gewerblich und beruflich genutzte Motoren, sondern auch für alle sonstigen Geräte außer den reinen Lichtanlagen. Nach ihnen sind also auch die Elektrowärmegeräte zu behandeln und zum Grundpreis zu veranlagen. Als Bezugsgröße für den Grundpreis dient fast ausschließlich der Anschlußwert, neben den nur bei einigen Unternehmen und nur für die mittleren und größeren Abnehmer die beanspruchte (gemessene), bestellte oder begrenzte Leistung tritt. Bei der Anrechnung des Anschlußwertes kommt zur Berücksichtigung des Ausgleiches nur das größte Gerät (Motor) voll, das zweitgrößte mit zwei Dritteln und alle weiteren mit einem Drittel des Anschlußwertes in Ansatz, wobei immer nur die höchsten Nennleistungen herangezogen werden, die gleichzeitig in Betrieb kommen können. Es ist in einer Reihe von Fällen jetzt entschieden worden, daß bei der Berechnung der Grundpreise nach diesen Richtlinien Elektrowärmegeräte ausgelassen werden können, die vorwiegend in Zeiten schwacher Last benutzt werden oder deren Abnahme sich der Gesamtbelastung günstig einfügt. Auf diese Weise haben sich die Schwierigkeiten überwinden lassen, die sich nach vorliegenden Berechnungen für diese Art von Geräten einstellten wegen der hohen Belastung mit Grundpreisen und die letzten Endes den wesentlichen Gedanken der gemeinsamen Messung des Gesamtverbrauchs einer Anlage hätten weitgehend außer Wirkung setzen müssen.

Insgesamt haben die bisherigen praktischen Erfahrungen dazu geführt, daß jetzt auch der Aufbau der Haushalt- und Gewerbetarife in allen wichtigen Punkten genau feststeht, so daß nunmehr die Unternehmen an die endgültige Fertigstellung auch dieser Tarife herantreten können. *eb.*

DK 621.311.1.003.3

Verfahren zur Aufstellung laufender Eigentumsnachweise. [Nach Edison electr. Inst. Bull. 7 (1939) S. 19; 7 S., 1 Abb.]

Es wird eine Reihe der in der amerikanischen Praxis von den Versorgungsgesellschaften benutzten Verfahren zur laufenden Erfassung des Eigentums und seines jeweiligen Wertes beschrieben. Die einfachsten Verfahren sind dadurch gekennzeichnet, daß z. B. bei Grundstücken, Gebäuden, technischen Ausrüstungen usw. keine weitgehenden Unterteilungen erfolgen, sondern diese Anlagenteile meistens nur summarisch erläutert und durch Angabe von Gesamtkosten belegt werden. Bei diesen einfachen Verfahren sind deshalb spätere Änderungen des Eigentumswertes infolge Einschränkung oder Erweiterung der Anlagen oder infolge Entwertung durch technische Weiterentwicklung nur durch ungefähre Schätzungen zu erfassen. Um derartige Veränderungen besser überwachen zu können, werden deshalb zur Erfassung des Eigentums zum Teil wesentlich verwickeltere Verfahren angewendet, bei denen z. B. für jedes Gebäude oder für jede technische Ausrüstung alle Einzelmaterialien genau erfaßt und bewertet werden, so daß nachträgliche Änderungen und Abweichungen vom ursprünglichen Wert sofort genau berücksichtigt werden können. Eine besondere Aufmerksamkeit muß dabei darauf gelegt werden, daß die Aufzeichnungen der technischen Abteilungen und die entsprechenden der kaufmännischen Abteilungen laufend in Einklang zu halten sind. In zahlreichen Staaten der V. S. Amerika ist die laufende Eigentumserfassung für die Versorgungsgesellschaften vorgeschrieben. Während aber anfänglich die Absicht bestand, die Erfassung in der zuletzt beschriebenen Art bis in alle Einzelheiten vorzunehmen, macht sich nunmehr auf Grund der ersten praktischen Auswertungen eine deutliche Tendenz nach Vereinfachung der Verfahren bemerkbar. Die neuen nunmehr von der Federal Power Commission angenommenen Verfahren schreiben daher keine ausdrückliche laufende Eigentumserfassung mehr vor, sondern lediglich einen Vergleich der jährlichen technischen Berichte mit den kaufmännischen Aufstellungen, so daß daraus eine Art laufender Eigentumserfassung möglich wird. Es sollen also z. B. Umspannwerke oder Leitungen nach Name, Lage, Spannung, Umfang usw. technisch genau festgelegt sein und diesen technischen Aufstellungen entsprechend Aufstellungen über die ursprünglichen Anschaffungskosten durchgeführt werden. Die Erfüllung dieser Vorschriften erfordert 1. eine Sammlung des gesamten Inventars und die Bestimmung seiner Anschaffungskosten, und 2. Durchführungsverordnungen zur laufenden Erfassung der im Eigentum auftretenden Veränderungen, und zwar sowohl von technischer als auch von kaufmännischer Seite.

Für die Durchführung dieser beiden Hauptforderungen werden einige Anleitungen aus der Praxis gegeben. Es wird zum Schluß nochmals darauf hingewiesen, daß dabei eine weitgehende Zusammenarbeit von Ingenieuren und Kaufleuten stattfinden muß, wenn die Kosten für diese Registrierarbeit niedrig gehalten werden sollen. Ganz allgemein wird aber betont, daß die Wege zur Eigentumserfassung so einfach wie möglich zu halten sind, um die an und für sich nicht leichte Übersicht in keiner Weise zu komplizieren. *v. Ma.*

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Drähte und Kabel.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat einen Entwurf zu Umstell-Vorschriften für Mantelleitungen (Mantel aus thermoplastischem Kunststoff) aufgestellt, die als § 8 B in

VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

aufgenommen werden sollen und in ETZ 60 (1939) S. 1402 veröffentlicht sind.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 20. Dezember 1939 einzureichen.

Ferner hat der Ausschuß eine neue Arbeit

VDE 0250 K/XI. 39 „K-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

fertiggestellt, die vom Vorsitzenden des VDE im November 1939 genehmigt ist und am 7. Dezember 1939 in Kraft tritt.

Abdrucke der Vorschrift sind bei der ETZ-Verlag GmbH. erschienen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Viefhaus

Bezirk Berlin

vorm. Elektrotechnischer Verein.
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.
Fernsprecher: 34 88 85.

Arbeitsgemeinschaften (Techn. Nachwuchs).
Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Elektromaschinenbau. Stellvertr. Leiter: Dr.-Ing. W. Putz VDE.
7. 12. 1939, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Die Schaltbilder nach VDE 0570 in physikalischer Betrachtung", Vortragender: Dipl.-Ing. W. Nürnberg VDE.

Stromrichter. Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.
8. 12. 1939, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Umrichteranordnung für Umformung von Wechselstrom gegebener Frequenz in solchen hoherer Frequenz", Vortragender: Dr. R. Jovy VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein.
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Halle. 8. 12. (Fr), 20⁰⁰, Stadtschützenhaus: „Die Lichttechnik im Dienst des Luftschutzes". Prof. Dr.-Ing. W. Arndt VDE.

VDE Bezirk Ostfriesland, Wilhelmshaven. 12. 12. (Di): „Neuzeitliche Meßverfahren und Meßgeräte für die Lärmbekämpfung" (m. Film). Dr. Sandhas.

Arbeitskreis „Lichttechnik" der Fachgruppe „Energiewissenschaft", Wien. 15. 12. (Fr), 18⁰⁰, „Haus der Technik", Eschenbachgasse 9: „Aussprache über Fragen der praktischen Lichttechnik, insbes. Bürobeleuchtung."

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

A. Kruckow †. — Am 23. Sept. 1939 starb der Staatssekretär i. R. Dr.-Ing. E. h. A. Kruckow VDE an einem Herzschlag. Die ETZ, die über den Werdegang des Verstorbenen häufiger berichtete und eine große Anzahl Beiträge aus seiner Feder veröffentlichen konnte, hat einen ihrer fleißigsten früheren Mitarbeiter verloren. Nach seiner Versetzung in den einstweiligen Ruhestand wurde er von mehreren ausländischen Verwaltungen und Gesellschaften auf Grund seiner großen Erfahrungen auf dem Gebiete des Selbstanschlußwesens zu Rate gezogen. Kruckows Name wird mit der Einführung und Entwicklung der Wählertechnik in Deutschland stets verbunden bleiben.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.396

Lehrbuch der Hochfrequenztechnik. Von Oberpostrat Dr.-Ing. habil. F. Vilbig. 2. verbess. u. erweit. Aufl. Mit 1359 Abb., XXVIII u. 1019 S. im Format 170 × 240 mm. Akademische Verlagsges. m. b. H., Leipzig 1939. Preis geh. 33 RM, geb. 35,80 RM. — Schrifttumsverzeichnis zum Lehrbuch der Hochfrequenztechnik. Mit 172 S. Preis geh. 7 RM, geb. 8 RM.

Die Tatsache, daß das Vilbigsche Buch schon nach 2 Jahren eine Neuauflage[1]) nötig machte, ist vielleicht der beste Beweis dafür, daß dieses Lehrbuch eine wirkliche Lücke schloß. Die Verteilung des Stoffes ist die gleiche geblieben wie in der 1. Auflage. Der Umfang ist nicht unwesentlich auf insgesamt 1191 Seiten angewachsen, dabei wurde das Schrifttumsverzeichnis in einem besonderen Band von 172 Seiten vom Hauptteil abgesondert. Der Vorteil des Vilbigschen Buches besteht in der Fülle des behandelten Stoffes der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. Der Titel des Buches entspricht nicht seinem Inhalt. Es dürfte nicht Lehrbuch der Hochfrequenztechnik heißen, da wichtige Gebiete der Hochfrequenztechnik, die Trägerstromtechnik und die Funkpeilung, nur ganz kurz erwähnt sind. Das braucht nicht als Fehler gewertet zu werden, doch sollte man den Titel so wählen, daß man die Abgrenzung des Stoffes möglichst klar erkennt. Es ist überflüssig darauf hinzuweisen, daß die 2. Auflage eine starke Bereicherung des Stoffes in vielen Kapiteln gebracht hat. So ist der Umfang des Ausbreitungskapitels, das in der 1. Auflage etwas kurz gehalten war, verdoppelt worden. Dies ist der Ausbreitung der Wellen zwischen 1 und 10 m und der Ausbreitung der Wellen im Innern von Rohren besonders zugute gekommen. Das Kapitel über Antennen ist auch jetzt noch verhältnismäßig kurz behandelt. Die Peilung als Anhang in diesem Kapitel zu behandeln, entspricht nicht dem großen Umfang und der Bedeutung dieser Technik. Das Kapitel Fernsehen ist wesentlich erweitert und gibt jetzt einen sehr guten Überblick über den Stand der Technik. Endlich sei ein neues Kapitel über Akustik, in dem auch der Ultraschall kurz behandelt ist, besonders hervorgehoben. Alles in allem ist das Buch eine Fundgrube, die jeder Hochfrequenztechniker gern und mit Vorteil benutzen wird. Die große Arbeit, die Vilbig auch in die 2. Auflage hineingesteckt hat, verdient die größte Anerkennung. H. Faßbender VDE.

DK 621.383.4

Photowiderstände. Von Prof. Dr. H. Thirring und Ing. O. P. Fuchs. Mit 140 Abb., VIII u. 186 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1939. Preis kart. 15 RM.

Das vorliegende Werk stellt eine Ergänzung dar zu dem im gleichen Verlage 1936 erschienenen Buch von B. Lange „Die Photoelemente und ihre Anwendung I. Teil: Entwickelung und physikalische Eigenschaften". Es muß zunächst auffallen, daß man bei der heute weit vorgeschrittenen Entwicklung der Photoelemente auf die Photowiderstände, d. h. auf die alten

[1]) Siehe ETZ 58 (1937) S. 998.

Digitized by Google

Selenzellen und ihre Abarten, die Selen-Tellurzelle und die Thalofidzelle, zurückkommt und denselben ein Buch von 186 Seiten widmet! Nun haben aber diese Photowiderstände neben den bekannten Mängeln — Nichtlinearität, Trägheit, Ermüdung, Unzuverlässigkeit — auch ihre Vorzüge, nämlich große Stromausbeute und spektrale Empfindlichkeit bis weit ins Ultrarot hinein. Letzteres gilt besonders für die Thalofid-Zelle, welche bei etwa 10 μ ein Maximum der Empfindlichkeit aufweist. Im allgemeinen ist der durch den gleichen Lichtstrom erzeugte Photostrom bei den Photowiderständen um ein Vielfaches größer als bei den Photokathoden und Photoelementen; man kommt daher bei Benutzung dieser Photowiderstände oft mit einer verhältnismäßig einfachen Apparatur aus, ohne große Verstärkereinrichtungen benutzen zu müssen. Allerdings ist hierbei eine genaue Kenntnis der Eigenschaften der Photowiderstände und eine auf diese Kenntnis fußende Anpassung derselben an die übrige Apparatur unerläßlich, wenn man sich nicht großen Enttäuschungen aussetzen will. Und diese unbedingt notwendige Kenntnis der Arten dieser Zellen und ihrer Eigenschaften — Empfindlichkeit, Trägheit, Ermüdung, Temperaturabhängigkeit usw. — vermittelt das Buch von Thirring und Fuchs in ausgezeichneter Weise. Die Verfasser stützen sich bei ihren Ausführungen auf experimentelle im Physikal. Institut der Wiener Universität an Hunderten von Photowiderständen durchgeführte Untersuchungen.

Im 1. Teil des Buches „Der Bau und die Eigenschaften der Photowiderstände" von Prof. Thirring werden die Arten der Zellen, ihre Herstellung und ihre Eigenschaften genau beschrieben. Ein Kapitel ist der Anpassung, weitere der Haltbarkeit und Empfindlichkeit, der Trägheit und Ermüdung, der Temperaturabhängigkeit, dem Spannungseffekt, der Polarisation und der spektralen Empfindlichkeitsverteilung gewidmet. Alle diese Dinge werden durch Zeichnungen, Diagramme und Tafeln genau erläutert. Zum Schluß wird die Nutzanwendung der gewonnenen Erfahrungen auf den Bau lichtelektrischer Geräte, als da sind Relais, Lichtschranken, Lichtmesser und Apparate für Tonwiedergabe, gezogen.

Der 2. von Ing. Fuchs geschriebene Teil „Der Photowiderstand im Laboratorium und in der Praxis" behandelt die Meßerfahrungen und Meßinstrumentarien, die Verstärkung durch Elektronenröhren sowie die Anwendung der Photowiderstände in der Praxis. Hier werden ausgeführte Anlagen von Lichtschranken, Zugsicherungen, Belichtungsmesser, Kolorimeter usw. beschrieben. Wer also mit lichtelektrischen Zellen arbeitende Apparaturen für die genannten Zwecke zu entwerfen hat, wird sich die Frage vorlegen müssen, ob nicht in besonderen Fällen Photowiderstände den Vorzug vor den Photoelementen und Photokathoden verdienen. Zur Beantwortung dieser Frage aber ist das einzigartige Buch von Thirring und Fuchs nicht zu entbehren. Einer weiteren Empfehlung bedarf dasselbe somit nicht. Nur in einem Punkte kann der Besprecher den Verfassern nicht zustimmen, wenn sie nämlich die Photowiderstände auch als Belichtungsmesser empfehlen. Mag bei diesen auch keine große Genauigkeit verlangt werden, die Zellen in dieser Hinsicht also wohl genügen würden, so sind doch die Vorzüge der Photoelemente gerade in der Lichtmessung so bedeutend, daß hier eine Wiedereinführung der Photowiderstände kaum in Frage kommen kann.

W. Voege VDE.

DK 621.43.019

Physikalische und chemische Vorgänge bei der Verbrennung im Motor. Heft 9 der Schriften der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung. Mit zahlr. Abb., XV u. 415 S. im Format B 5. Kommissionsverlag R. Oldenbourg, München und Berlin. Preis geb. 30 RM.

Das Buch enthält die Vorträge und Aussprachebeiträge, die auf der 5. Öffentlichen Sitzung der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung am 10./11. 5. 1939 erstattet wurden. Behandelt wurden alle wissenschaftlichen und technischen Grundaufgaben zur „Leistungssteigerung des Motors". Chemiker, Physiker und Maschinenbauer kamen zum Wort. Besonders umfangreich waren die Erörterungen zu den die Motorleistung beeinträchtigenden Erscheinungen im Verbrennungsablauf, zum „Klopfen" beim Ottomotor und zum „Zündverzug" beim Dieselmotor. Klärung und Fortentwicklung des Motors wie des Brennstoffs kann nur durch geeignete Meßverfahren erhalten werden. Temperatur-Meßverfahren mit thermischen Elementen und Übertragung mittels sehr empfindlicher Verstärker auf einen Oszillographen wurden entwickelt. Genauere Bestimmungen im Verlauf der Verbrennung ermöglichen Ionisations-Meßverfahren in Verbindung mit Röhrenschaltungen, da sie trägheitslos arbeiten und daher empfindlich sind. Richtige Steuerung der Verstärker, richtige elektrische Schaltung ist hier sehr wichtig. Ein weiterer Ausbau dieses Meßverfahrens, das sich bereits als ein wichtiges Hilfsmittel für die Forschung ergeben hat, wird für wünschenswert gehalten. Einen guten Überblick zu diesem, besonders den Elektrotechniker interessierenden Gebiet gibt der Vortrag von Werner Lindner, Augsburg. Die elektrischen Meßeinrichtungen befriedigen noch nicht völlig in der Meßgenauigkeit und müssen für praktische Prüfzwecke vereinfacht werden.

A. Przygode VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Biotechnik. Eine Einführung. Von Dr. A. Gießler. Mit 126 Abb. u. 165 S. im Format 170×230 mm. Verlag Quelle & Meyer, Leipzig 1939. Preis geb. 5,80 RM.

[Der Verfasser zeigt neue Wege des technischen Denkens. Die Tatsache, daß sich zu den meisten und gerade den reifsten unserer technischen Werke in der Natur Parallelen und Vorbilder finden lassen, die dem technischen Gegenstück hinsichtlich Leistung, Betriebsicherheit und sparsamster Materialausnutzung vielfach beträchtlich überlegen sind, veranlaßt Gießler, die Bauformen und technischen Leistungen der Pflanzen und Tiere derart zu ordnen, daß der schöpferisch tätige Ingenieur hieraus Anregungen für seine Arbeit ziehen kann. Für die naturwissenschaftlich interessierte Jugend stellt das Buch ein dankbares Geschenk dar. Eine ausführliche Erläuterung einzelner in Tafeln zusammengestellter Werte und eine Berichtigung der bei der Numerierung der Abbildungen unterlaufenen Druckfehler wäre im Falle einer Neuauflage erwünscht.] *K. Sch.*

Löten. Eine leichtverständliche Darstellung der Lötmittel, Lötwerkzeuge und Lötarbeiten. Von M. Kirchner. Mit 45 Abb., IV u. 60 S. im Format A 5. Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1939. Preis kart. 1,20 RM.

[An Hand von guten Abbildungen, unter denen u. a. die neuzeitlichen Lötmaschinen und Automaten bemerkenswert sind, gibt der Verfasser aus der Praxis heraus dem Facharbeiter einen allgemeinen und leichtfaßlichen Überblick über den heutigen Stand der gesamten Löttechnik. Die Berücksichtigung der Leichtmetalle und der deutschen Lötrohstoffe verdient in der heutigen Zeit besondere Beachtung. Sicher wird dieses preiswerte Büchlein manche gute Anregung geben.]

Kalender des Deutschen Metallarbeiters 1940. 7. Jahrg. Herausgeber: Deutsche Arbeitsfront, Fachamt Eisen und Metall. Bearb. von Obering. Walter Lehmann. Mit zahlr. Abb., 400 S. im Format 110×160 mm. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1939. Preis geh. 0,90 RM.

[Wenn ein Kalender innerhalb kurzer Zeit so bekannt geworden ist und fortgesetzt stark steigende Auflageziffern aufweist, dann ist keine weitere Empfehlung mehr nötig. Zum siebenten Male geht nun der Kalender des Deutschen Metallarbeiters hinaus in die Hände seiner alten und neuen Freunde, um ihnen eine Hilfe zu sein bei ihrem täglichen Schaffen.]

„Kraft durch Freude"-Kalender 1940. Herausgeber: NS.-Gemeinschaft „Kraft durch Freude" in der DAF. Format 210×200 mm. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1939. Preis 2 RM.

[So umfassend wie die Organisation „Kraft durch Freude", so vielseitig ist auch die Auswahl der 42 ganzseitigen Photos und der 24 Bildpostkarten des diesjährigen KdF.-Kalenders. Aussprüche berühmter Männer ergänzen die Bilder.]

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. P. Denzel VDE, Stuttgart, Schellbergstr. 7.

Dipl.-Ing. H. Ketelhohn, Berlin-Charlottenburg, Knesebeckstr. 18/19.

Dr. E. C. Metschl VDE, Berlin-Tempelhof, Kaiserin-Augusta-Str. 24 a.

Abschluß des Heftes: 1. Dezember 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | **Berlin, 14. Dezember 1939** | **Heft 50**

Neue Bildtelegraphiegeräte.

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium der Siemens & Halske A.-G.)

Von K. Reche, Berlin.

DK 621.397.6

*Übersicht**). Für die Neugestaltung der Bildtelegraphiegeräte war der Wunsch nach vollkommen naturgetreuer Übertragung und nach einfachster Bedienbarkeit bestimmend. Die Maßnahmen, durch die gutes Auflösungsvermögen, Tonwerttreue und Störungsfreiheit erreicht werden konnten, werden eingehend behandelt. Der optische, elektrische und mechanische Aufbau der Geräte wird unter besonderer Berücksichtigung des tonwerttreuen Empfangs und der einfachen und betriebssicheren Gleichlaufregelung dargestellt.

A. Einleitung.

Im Rahmen der elektrischen Nachrichtentechnik fällt der Bildtelegraphie die Aufgabe zu, einfarbige Bilder über große Entfernungen zu übertragen. Hierbei wird gefordert, daß die Übertragung naturgetreu, schnell und wirtschaftlich erfolgt. Je nach dem Anwendungsgebiet der Bildtelegraphie ist die eine oder die andere dieser Grundforderungen für die Ausbildung des Systems bestimmend. Beschränkt man sich auf die Übermittlung von Strichzeichnungen oder Schrift, so wird man bei der Entwicklung der Bildtelegraphiegeräte auf Einfachheit und leichte Bedienbarkeit den Hauptwert legen; man wird dann keine völlige Naturtreue fordern, sondern sich mit guter Erkennbarkeit begnügen. Bei der Übertragung getönter Bilder hingegen verlangt man heute, daß das gesendete Bild von dem empfangenen beinahe nicht zu unterscheiden sei, zumindest, wenn es sich um Übertragungen auf Leitungen handelt. Man nimmt dafür einen etwas größeren Aufwand in Kauf. Im Rahmen dieses Aufsatzes sollen Verfahren und Geräte behandelt werden, die für eine solche hochwertige Art der Bildtelegraphie entwickelt wurden [1 bis 4][1]), da nur diese größere praktische Bedeutung erlangt hat.

B. Neue Bildtelegraphiegeräte.

1. Grundgedanke der Bildtelegraphie und optischer Aufbau der Geräte.

Bei jeder elektrischen Bildübertragung kommt es darauf an, die Helligkeitswerte des gesendeten Bildes in elektrische Energiewerte umzusetzen, diese auf Leitungen oder drahtlos zu übertragen und mit ihnen am Empfangsort wieder entsprechende Helligkeitswerte zu erzeugen. Bei der Bildtelegraphie, ebenso wie beim Fernsehen, löst man diese Aufgabe dadurch, daß man das Bild punktweise abtastet. Man verwandelt hierdurch das räumliche Nebeneinander der Energiezustände der Bildvorlage in ein zeitliches Nacheinander der Energiezustände auf dem Übertragungsweg. Diese Umsetzung macht man am Empfangsort durch punktweises Zusammenfügen des Bildes wieder rückgängig. Für die Übertragung getönter Bilder hat sich die lichtelektrische Abtastung ganz allgemein und der photographische Empfang sehr weitgehend durchgesetzt. Ohne zunächst auf die Gesichtspunkte, die für die Ausbildung dieser Verfahren im einzelnen maßgebend waren, näher einzugehen, soll die grundsätzliche Wirkungsweise neuzeitlicher Bildtelegraphiegeräte an ihrem optischen Aufbau erläutert werden.

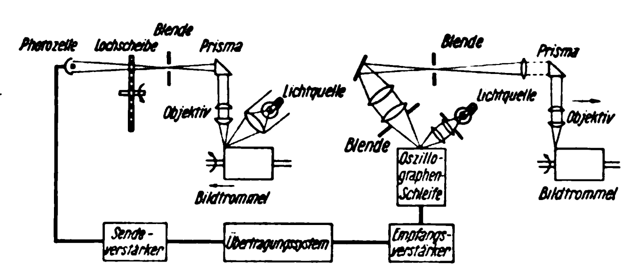


Abb. 1. Grundsätzliche Darstellung des optischen Aufbaues der Bildtelegraphiegeräte.

Aus der Abb. 1 erkennt man, daß das Sendebild, das meist ein Lichtbild sein wird, auf eine Bildtrommel aufgespannt wird, die durch eine Spindel gedreht und gleichzeitig vorwärtsgezogen wird. Durch eine Glühlampe mit Kondensor wird ein Teil des Sendebildes beleuchtet. Ein Objektiv bildet wiederum einen Bruchteil der beleuchteten Fläche auf einer Bildpunktblende ab, die die Größe des Sendebildpunktes bestimmt. Der durch diese Blende hindurchtretende Lichtstrom fällt auf eine Alkaliphotozelle und ruft an deren Abschlußwiderstand einen Spannungsabfall hervor. Zwischen Bildpunktblende und Photozelle ist eine Lochscheibe angeordnet, die zur Erzeugung des Trägers dient.

Die Spannungsschwankungen an der Photozelle werden in geeigneter Weise zur Empfangsseite übertragen und steuern hier nach entsprechender Umformung den Spiegel einer Oszillographenschleife. Auf diesem Spiegel

---

*) Vortrag, gehalten am 14. 3. 1939 vor dem VDE Bezirk Berlin.

[1]) Die Zahlen in [ ] beziehen sich auf das Schrifttum am Ende der Arbeit.

Digitized by Google

wird die Wendel einer Glühlampe mit Hilfe einer Optik abgebildet. Vor dieser befindet sich eine quadratische Blende, die wiederum über den Spiegel auf einer Formblende abgebildet wird. Je nach der Stellung der Schleife tritt nun ein mehr oder weniger großer Teil des Lichtbündels durch die Formblende hindurch. Formblende und Spiegel bilden also zusammen das Modulationssystem des Empfängers. Die Größe des Empfängerbildes wird durch eine Bildpunktblende bestimmt, in der die Lampenwendel zum zweiten Male abgebildet wird; die Bildpunktblende selbst wird auf der lichtempfindlichen Folie der Empfangstrommel abgebildet. Da die auswechselbare Empfangstrommel aus mechanischen Gründen im Gegensatz zur Sendetrommel nur eine Drehbewegung ausführt, muß die waagerechte Bewegung des Bildpunktes durch eine Verschiebung der aus Prisma und Objektiv bestehenden Trommeloptik hergestellt werden. Laufen Sende- und Empfangstrommel gleich, so wird die Lage und Belichtung jedes Punktes der Empfangsfolie der Lage und Helligkeit jedes Punktes des Sendebildes entsprechen. Der Wunsch nach weitgehender Naturtreue umfaßt die drei Grundforderungen nach Auflösungsvermögen und Bildschärfe, nach Tonwerttreue und nach Störfreiheit. Diese Begriffe umschließen eine Anzahl mehr subjektiver Bewertungen, wie Brillianz, Plastik, Tiefenwirkung, die oft für die Beurteilung von Bildern herangezogen werden. Die Aufgabe der Entwicklung neuer Bildtelegraphiegeräte bestand nun darin, diese Forderungen zu erfüllen und gleichzeitig eine genügend schnelle Bildübertragung, eine einfache Bedienung der Geräte und eine wirtschaftliche Ausnutzung der Übertragungswege sicherzustellen.

2. Der Sendevorgang.

a) Auflösungsvermögen und Bildschärfe.

Es wurde gezeigt, daß jedes Bild punktweise übertragen wird. Hieraus ergibt sich, daß Einzelheiten des Bildinhaltes nicht mehr aufgelöst werden können, wenn sie kleiner als der Bildpunkt sind, da der Photozellenstrom jeweils dem Mittelwert der Lichtintensität eines Abtastpunktes entspricht. Die Forderung nach Naturtreue besagt, daß die Bildpunktzahl so gewählt werden muß, daß sie dem Auflösungsvermögen des menschlichen Auges sehr nahe kommt [5]. Dieses ist durch den Grenzwinkel definiert, d. h. durch den Winkel, unter dem der Beschauer die Höhe oder die Breite des kleinsten noch von seiner Umgebung unterscheidbaren Bildpunktes sieht. Dieser Grenzwinkel ist selbstverständlich von dem Kontrast zwischen dem belichteten Punkt und seiner Umgebung sowie von der absoluten Helligkeit der Prüffläche abhängig. Er ist bei mittleren Verhältnissen etwa 1,5 bis 2 Winkelminuten groß. Bei etwa 30 cm Abstand des Betrachters vom Bild entspricht dieser Wert einer Kantenlänge des Bildpunktes von etwa 0,15 bis 0,2 mm. Die hier behandelten Bildtelegraphiegeräte arbeiten mit 5⅓ Zeilen/mm. Dies entspricht einer Zeilenbreite von 0,19 mm. Man erkennt hieraus, daß die neuzeitliche Bildtelegraphie das Auflösungsvermögen des Auges praktisch erreicht.

Für die Wahl einer hohen Bildpunktzahl spricht nicht allein die Forderung, daß Einzelheiten des Bildinhaltes in der Größe einiger Bildpunkte noch erkennbar sind, sondern vor allem der Wunsch nach guter Bildschärfe. Als Maß für diese Eigenschaft kann man die einwandfreie Wiedergabe von Tonwertsprüngen ansehen. Betrachtet man zunächst einen Tonwertsprung, der senkrecht zur Abtastrichtung verläuft, so erkennt man aus der Abb. 2, daß dieser durch die endliche Höhe des Sendebildpunktes in der Weise abgeflacht wird, daß der Photozellenstrom innerhalb einer Bildpunkthöhe linear auf den Endwert ansteigt. Da sich der gleiche Vorgang bei der Bildzusammensetzung wiederholt, ergibt sich eine Tonwertfälschung, deren Breite gleich der Summe der Höhen von Sende- und Empfangsbildpunkt ist. Die Kante wird also unscharf. Verläuft der Tonwertsprung parallel zur Zeilenrichtung, so kann es vorkommen, daß er vollkommen scharf wiedergegeben wird, allerdings nur in dem einen Fall, wenn eine Kante des Abtastpunktes gerade mit der Sprungkante zusammenfällt. In allen anderen Fällen tritt eine Zone falscher Helligkeit von der Breite einer Zeile auf. Das Ausmaß der Helligkeitsfälschung ist hierbei von der zufälligen Lage der Sprungkante zur Abtastzeile abhängig.

Hält man die Bildpunktfläche aus Gründen der elektrischen Übertragung konstant, so hat man es durch eine rechteckige Formgebung in der Hand, das Auflösungsvermögen in der Zeilenrichtung auf Kosten des Auflösungsvermögens senkrecht zur Zeilenrichtung zu verändern. Obgleich in beiden Fällen unterschiedliche Erscheinungen auftreten, arbeitet man trotzdem praktisch mit quadratischen Sendebildpunkten. Die Höhe des Empfangsbildpunktes ist für das elektrische Übertragungssystem ohne Bedeutung; man verringert sie daher soweit, wie es die Empfindlichkeit der photographischen Folie zuläßt.

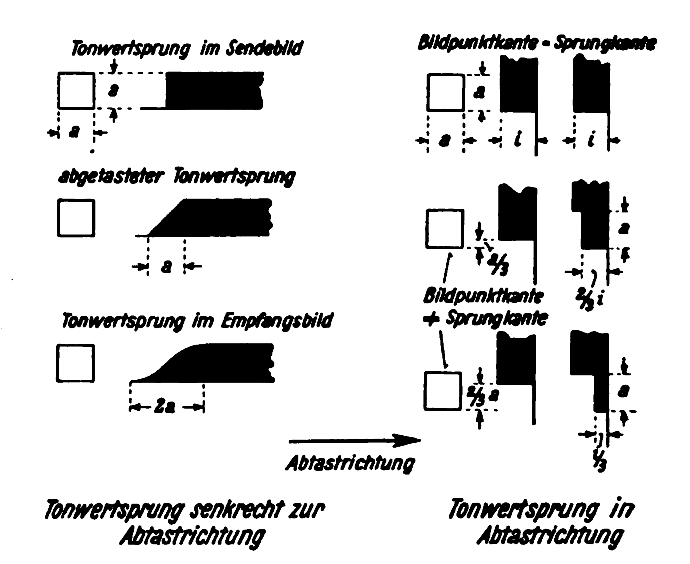


Abb. 2. Übertragung von Tonwertsprüngen.

Die normale Zeilenzahl von 5⅓ Zeilen/mm reicht auch in bezug auf die Kantenschärfe völlig aus. Eine weitere Steigerung ist schon deshalb ohne wesentliche praktische Bedeutung, weil die Bildtelegramme ganz überwiegend für den Bilderdienst der Zeitungen verwendet werden, dessen Auflösungsvermögen normalerweise bei 2,5 bis 3 Zeilen/mm liegt.

b) Sendeverstärker und Leitungseigenschaften.

Bildpunktgröße und Abtastgeschwindigkeit bestimmen die Breite des für die elektrische Übertragung erforderlichen Frequenzbandes. Stellt man sich eine Bildvorlage her, in der schwarze und weiße Striche von der Höhe einer Zeile aufeinanderfolgen, so würde die Abtastung dieses Rasters mit einem unendlich flachen Sendebildpunkt ein Frequenzgemisch ergeben, das der Fourieranalyse dieser Rechteckfunktion entspricht. Es enthält neben einem Gleichstromanteil eine Grundfrequenz mit ihren ungeradzahligen Oberwellen. Es läßt sich leicht zeigen, daß diese Grundfrequenz, die man als Bildpunktfrequenz bezeichnet, gleich dem halben Produkt aus der auf den Trommelumfang entfallenden Zeilenzahl und der Zahl der Umdrehungen der Bildtrommel in der Sekunde ist. Da die behandelten Bildtelegraphiegeräte mit 5⅓ Zeilen/mm, 66 mm Trommeldurchmesser und einer Umdrehung der Trommel in der Sekunde arbeiten, so er-

Digitized by Google

gibt sich hierfür eine Bildpunktfrequenz von 550 Hz. Zur einwandfreien Wiedergabe der Strichvorlage wäre es an sich erforderlich, die Bildpunktfrequenz und einige ihrer Oberwellen zu übertragen. Es wurde jedoch bereits gezeigt, daß durch die endliche Größe des Abtastpunktes die Tonwertsprünge der Vorlage bereits sehr stark abgeflacht wurden. Da es ohne Nutzen ist, das elektrische Auflösungsvermögen des Übertragungssystems wesentlich besser als das optische Auflösungsvermögen der Bildtelegraphiegeräte zu machen, so beschränkt man sich auf die Übertragung des Frequenzbandes zwischen 0 und 550 Hz. Da hierfür normale Fernsprechleitungen mit Verstärkern benutzt werden müssen, moduliert man mit diesem Frequenzband einen Träger von 1300 Hz und überträgt ihn mit seinen beiden Seitenbändern. Man nutzt die Leitung also in dem Frequenzbereich von 750 bis 1850 Hz aus.

Der Träger kann elektrisch oder optisch eingeführt werden. Der erste Weg erfordert einen Röhrengenerator für die Erzeugung des Trägers und meist eine Gleichstromverstärkerstufe im Senderverstärker, der zweite Weg bedingt einen etwas höheren mechanischen Aufwand, da eine Lochscheibe zwischen Bildpunktblende und Photozelle eingebaut werden muß, die den Lichtstrom mit der gewünschten Trägerfrequenz zerhackt (Abb. 1). Bei den hier behandelten Geräten wird der Träger optisch eingeführt. Die Lochscheibe

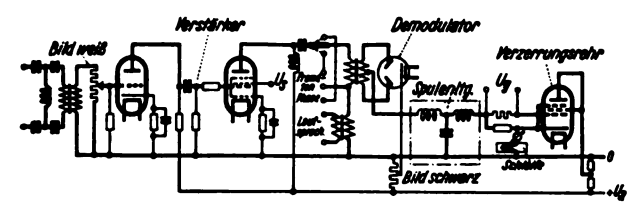


Abb. 4. Empfangsverstärker (Grundschaltung).

sitzt auf der Welle des Motors, der auch die Drehung und den Vorschub der Spindel vornimmt. Der Sendeverstärker ist ein zweistufiger Wechselstromverstärker, an dessen Ausgang eine Kondensatorleitung liegt, die die Trennung des modulierenden Bandes von dem unteren Seitenband vornimmt.

Von dem Übertragungsweg muß eine geringe Dämpfungs- und Phasenverzerrung gefordert werden. Während die Unterschiede in der Dämpfung im allgemeinen vernachlässigbar sind, machen sich Laufzeitunterschiede, die größer als 1 ms sind, sehr störend bemerkbar. Sie führen zu Mehrfachkanten und setzen die Güte der Übertragung stark herab. Mit Rücksicht auf die Laufzeitunterschiede benutzt man für die Übertragung auf Kabeln bei Entfernungen über 100 bis 200 km ausschließlich leicht bespulte Leitungen. Die gewählte Bildpunktzahl paßt sich den Eigenschaften der üblichen Fernmeldeleitungen somit sehr gut an und stellt ein gutes Auflösungsvermögen und eine ausreichende Schärfe sicher. Die neuentwickelten Bildtelegraphiegeräte sind selbstverständlich auch für den Bildfunk geeignet und haben sich bei den von E. Hudec [6] durchgeführten Bildübertragungen nach dem Zeitmodulationsverfahren gut bewährt.

3. Der Empfangsvorgang.

a) Tonwerttreue bei Positiv- und Negativempfang.

Die zweite Grundforderung, die an die Güte des Bildes zu stellen ist, ist die der tonwertrichtigen Wiedergabe [7]. Es wurde gezeigt, daß gewisse Tonwertfälschungen in der Größenordnung einiger Bildpunktbreiten an Helligkeitssprüngen unvermeidlich, aber bei der gewählten Bildpunktzahl unschädlich sind. Von einer einwandfreien Übertragung wird jedoch gefordert, daß die Tonwerte größerer Flächen von Sende- und Empfangsbild gleich sein müssen. Diese Forderung kann von der normalen Reproduktionstechnik mit den zur Zeit vorhandenen Emulsionen nicht erfüllt werden, da die Schwärzungskurven der Empfangspapiere nicht genügend linear verlaufen. Bei der Bildtelegraphie ist sie noch insofern wesentlich erschwert, als man wahlweise einmal ein Negativ und einmal ein Positiv des gesendeten Bildes mit dem gleichen Empfänger aufnehmen will. Der Negativempfang hat hierbei den Vorzug, daß man von dem Empfangsfilm eine beliebige Zahl von Abzügen herstellen kann. Der Positivempfang hingegen erspart einen Entwicklungsprozeß.

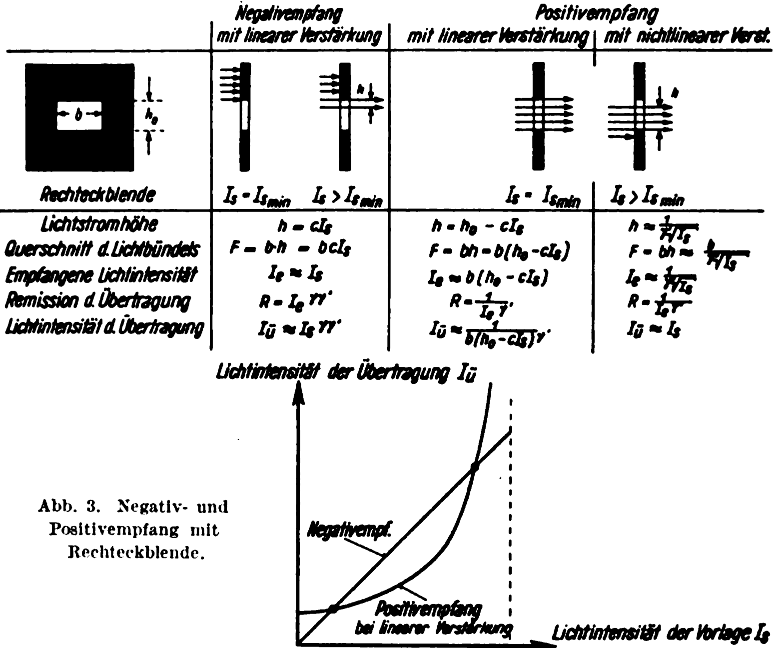


Abb. 3. Negativ- und Positivempfang mit Rechteckblende.

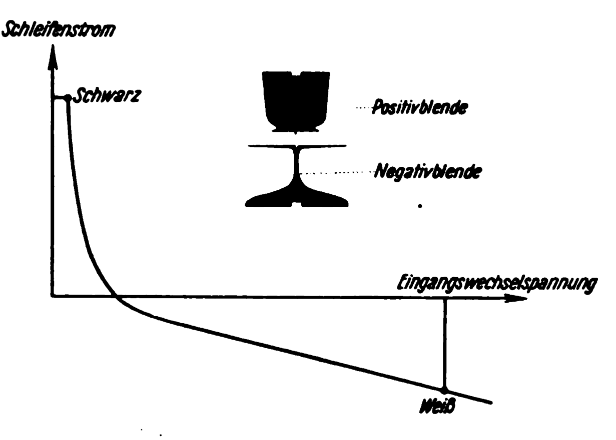


Abb. 5. Verstärkungskurve und Blendenformen.

Bei der Bildtelegraphie gelingt es leicht, Proportionalität zwischen der Lichtintensität des abgetasteten Bildpunktes und der Spannung am Eingang des Empfangsverstärkers herzustellen, da die Alkaliphotozelle linear arbeitet und der Sendeverstärker ebenso wie der Übertragungsweg ausreichend linear gehalten werden kann. Um das Ineinandergreifen der verschiedenen Umsetzungs-

Digitized by Google

prozesse bei der Bildtelegraphie kennenzulernen, soll zunächst auch auf der Empfangsseite eine lineare Verstärkung und eine Rechteckblende vorausgesetzt werden. In diesem Fall ist der durch die Schleife fließende Strom, also auch ihr Ausschlag der Intensität des Sendebildpunktes verhältnisgleich. Beim Negativempfang sind Schleife und Blende so eingestellt, daß bei der Sendeintensität 0 kein Licht durch die Blende fällt (Abb. 3). Der Querschnitt des durch die Blende fallenden Lichtbündels und somit auch die Lichtintensität des Empfängerbildpunktes sind der Sendeintensität also proportional. Bezeichnet man mit γ und γ' die Gradationen der Schwärzungskurven des Aufnahmefilms und des Papieres, die der Einfachheit halber zunächst als linear angenommen werden sollen, so ist nach der Entwicklung die Transparenz des Films durch die Beziehung $T \approx I_e^{-\gamma}$ und die Remission des Sendebildes durch die Beziehung

$$R \approx I_e^{\gamma\,\gamma'}$$

gegeben. Für eine tonwertrichtige Wiedergabe besteht bei Negativempfang unter den gewählten Bedingungen lediglich die Forderung, daß das Produkt der Gradationen von Empfangsfilm und Kopierpapier 1 sein muß.

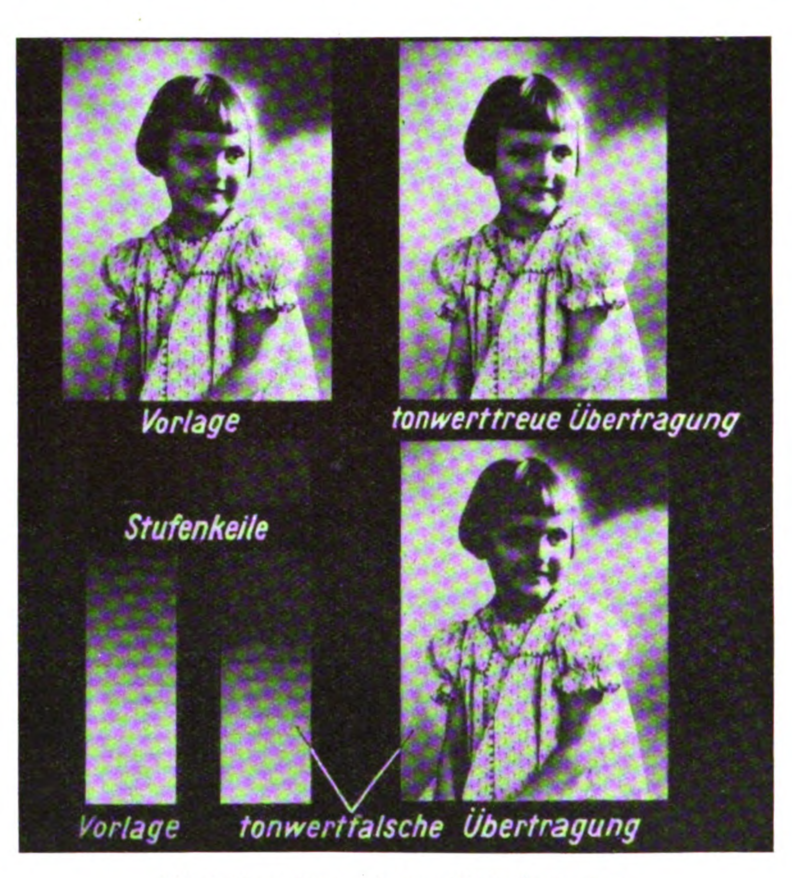


Abb. 6. Tonwerttreue und tonwertfalsche Übertragung.

Versucht man mit einer linearen Verstärkung und einer Rechteckblende den Positivempfang durchzuführen, so muß man Lichtstrahl und Blende so einstellen, daß der kleinsten Sendeintensität der größte Lichtstrom entspricht. Mit steigender Sendeintensität wandert dann der Lichtstrahl aus der Blende heraus. Wie die in Abb. 3 durchgeführte Rechnung zeigt, ist bei dieser Betriebsart die Lichtintensität des übertragenen Bildpunktes $I_ü$ in Abhängigkeit von der des gesendeten Bildpunktes I_s durch eine Hyperbel bestimmt. In der gleichen Abbildung ist $I_ü$ in Abhängigkeit von I_s für Positiv- und Negativempfang mit linearer Verstärkung und Rechteckblende dargestellt. Man erkennt, daß sich beide Kurven in zwei Punkten schneiden. Wählt man die elektrischen Daten so, daß der untere Punkt der minimalen Lichtintensität des Sendebildes, die man als „Bild-Schwarz" und der obere der maximalen Lichtintensität, die man als „Bild-Weiß" bezeichnet, entspricht, so kann man zwar den Umfang des Bildes erhalten, die mittleren Tonwerte werden jedoch gefälscht.

Die Beziehung zwischen der Lichtintensität des übertragenen Bildes und der des Sendebildes ist beim Positivempfang mit linearer Verstärkung durch eine Formel gegeben, in die die Gradation des Empfangspapieres, die geometrischen Abmessungen der Blende und die Art der Verstärkung eingehen (Abb. 3). Jede der drei genannten Größen könnte man grundsätzlich zur Entzerrung der Hyperbel heranziehen. Die Möglichkeiten, die der photographische Prozeß bietet, sind leider sehr begrenzt. Grundsätzlich kann man jedoch durch die Veränderung der Blendenform eine wirksame Entzerrung durchführen. Es läßt sich zeigen, daß in diesem Fall die seitlichen Begrenzungen der Blende nach Exponentialfunktionen verlaufen müssen. Der Lichtstrom ist dann nicht mehr dem Schleifenausschlag verhältnisgleich. Leider stößt dieser Weg auf recht erhebliche praktische Schwierigkeiten, da man bei diesem Verfahren den weitaus größten Teil der Blende abdecken muß. Das bedeutet einen sehr großen Verlust an Lichtintensität, der gerade beim Positivempfang nicht tragbar ist, da die Empfindlichkeit der beim Positivempfang verwendeten photographischen Papiere merklich hinter der beim Negativempfang benutzten Filme zurückbleibt.

Es empfiehlt sich daher, die Tonwertentzerrung mit einer nichtlinearen Verstärkung durchzuführen und mit einer rechteckigen Bildpunktblende zu arbeiten. Setzt man für den Schleifenausschlag eine Funktion $A \approx \frac{1}{\gamma' \sqrt{I_s}}$ an, so erhält man einen tonwertrichtigen Positivempfang und infolge der benutzten Rechteckblende eine sehr günstige Lichtausbeute. Ein auf dieser Grundlage aufgebauter Empfänger wurde von W. Heintze und H. Schönfeld vorgeschlagen und von H. Noack und G. Krantz technisch durchentwickelt.

Will man wahlweise Positiv- und Negativempfang durchführen, so kann man so vorgehen, daß man für den Positivempfang die hyperbolische und für den Negativempfang die lineare Verstärkungskennlinie wählt und in beiden Fällen mit nahezu rechteckigen Formblenden arbeitet. Ein gewisser Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, daß man die Verstärkungskurve umformen muß. Bei den neu entwickelten Geräten hat man daher eine gemeinsame hyperbolische Verstärkungskurve angewendet und für den Negativempfang mit Hilfe einer exponentiellen Blende die Verzerrung wieder rückgängig gemacht.

Die bisher durchgeführten Überlegungen waren an die Voraussetzung geknüpft, daß die Schwärzungskurven von Papier und Film geradlinig sind, in Wirklichkeit haben sie jedoch einen S-förmigen Verlauf. Es gelang durch an den Blenden angebrachte Korrekturen, diese Abweichungen unschädlich zu machen.

b) Empfangsverstärker.

Der Empfangsverstärker besteht, wie man aus seinem Grundschaltbild (Abb. 4) erkennen kann, aus zwei Verstärkerstufen und einer Gleichrichterröhre. Das demodulierte Bildfrequenzband wird durch eine Spulenleitung auf das Gebiet zwischen 0 und 550 Hz beschränkt und steuert das Gitter einer als Gleichstromverstärkerrohr

Digitized by Google

geschalteten Penthode, in deren Anodenkreis die Oszillographenschleife liegt. Abb. 5 zeigt die Blendenformen und die Verstärkungskurven des neu entwickelten Bildtelegraphenempfängers. Die Verstärkungskurve ist so gewählt, daß der Schleifenstrom nicht bei einer extremen, sondern bei einer mittleren Helligkeit des Sendebildes verschwindet. Diese Maßnahme gleicht man durch eine entsprechende Einstellung der Blende wieder aus; hierbei ergibt sich der Vorteil, daß die Schleife nur mit dem halben Strom belastet wird, den sie aufnehmen müßte, wenn man der hellsten Stelle des Sendebildes den Strom 0 zuordnen würde. Um den Schwärzungsumfang des Empfangspapieres voll auszuschöpfen, wird vor Aufnahme einer Sendung Bild-Weiß und Bild-Schwarz bei feststehender Trommel übertragen und die Verstärkungskurve so eingestellt, daß diesen beiden Werten die äußersten Ausschläge der Schleife entsprechen. Es gelingt auf diese Weise, hochwertige Bilder tonwertgetreu zu übertragen und sogar den Schwärzungsumfang flauer Bilder durch die Übertragung zu erhöhen. In bezug auf tonwerttreue Wiedergabe ist die neuzeitliche Bildtelegraphie der photographischen Reproduktionstechnik merklich überlegen. In Abb. 6 sind ein Sendebild, eine tonwertrichtige Übertragung und zum Vergleich ein tonwertverzerrtes Bild gegenübergestellt.

(Schluß folgt.)

Betriebserfahrungen mit Überspannungsableitern.

Von W. Kruse VDE, Rendsburg.

DK 621.316.933.004.15

Übersicht. An Hand der Störungsstatistik eines norddeutschen Stromversorgungsunternehmens werden Vor- und Nachteile neuzeitiger Überspannungsableiter ermittelt und besprochen. Der Schutzwert wird zahlenmäßig durch die Störziffer angegeben. Zur besonderen Beurteilung der Entwicklung der Schutzeinrichtungen wurde die reduzierte Störziffer eingeführt.

Die vielen Bedenken, die in den ersten Jahren der Einführung von Überspannungsableitern zum Schutz der Freileitungen und Stationen von seiten der Praxis vorgebracht wurden, dürften heute hinfällig sein. Die damaligen Einwände bestanden jedoch zum größten Teil zu Recht, wie die ersten Betriebserfahrungen zeigten. Das häufige Versagen der Schutzeinrichtungen beruhte vor allem darauf, daß das Stromableitevermögen der früheren Überspannungsableiter zu gering war, und weiterhin, daß die Strom-Spannungs-Kennlinie keinen genügend flachen Verlauf besaß, so daß der Ableiter entweder überlastet wurde oder daß seine Begrenzungsspannung zu hoch lag, so daß ein Überschlag trotz Ansprechens der Ableiter an einer anderen schwach isolierten Stelle der Station erfolgen konnte. In der ETZ[1]) sind wiederholt Veröffentlichungen erschienen, die zeigen, mit welchen außergewöhnlich großen Strömen man rechnen muß. Nachdem man gelernt hat, diese im Blitzkanal auftretenden Ströme zu beherrschen und die weiter genannten Nachteile zu beseitigen, sind die Erfolge der Überspannungsableiter recht beachtlich. Die Zahlentafel 1 gibt einen kurzen Überblick über die Entwicklung des Stromableitevermögens, wobei die Angaben über das Ableitevermögen als Durchschnittswerte der verschiedenen Bauformen für das Grenzableitevermögen nach VDE 0675/I 38 § 18 zu betrachten sind.

Zahlentafel 1. Entwicklung der Überspannungsableiter.

Baujahr	Stromableitevermögen (A)
1928	300
1934	3 000
1935	10 000
1937	100 000 und mehr

Um die Güte des Überspannungsableiters beurteilen zu können, genügen nicht die im Laboratorium gewonnenen Meßergebnisse. Die Arbeitsweise und Wirkung ist neben der Bauform des Ableiters von verschiedenen Faktoren abhängig, die durch den Betrieb bedingt sind. Maßgebend für den Schutzwert sind nicht nur die Betriebsspannung, die Stromart, die Erdschlußlöschung, sondern insbesondere der Isolationswert von Freileitung und Station. Schließlich ist von ausschlaggebender Bedeutung die Störanfälligkeit des Freileitungsnetzes, die nicht nur von dem Gewitterreichtum, sondern auch von den Besonderheiten der betreffenden Landschaftsform abhängt. Aus diesem Grunde ist es, wie auf allen technischen Gebieten, erforderlich, daß die Betriebserfahrungen zur Weiterentwicklung des Überspannungsschutzes hinzugezogen werden. Vor allem aber sind die im Betrieb erworbenen Kenntnisse Grundlage für den weiteren Ausbau des Überspannungsschutzes von Freileitungsnetzen.

Seit einer Reihe von Jahren wird von einigen Elektrizitätsversorgungsunternehmen eine sorgfältige Störungsstatistik geführt, mit dem Ziele, die Wirkung der Überspannungsableiter zu ermitteln. Eine der ersten Veröffentlichungen brachte von Borries an dieser Stelle[2]). Ein 15- und ein 20 kV-Netz mit insgesamt etwa 500 Stationen ergaben als Mittel der Jahre 1932 bis 1935 in den nicht geschützten Stationen eine Störziffer von 34,0 %, bezogen auf Sicherungsschäden. Diese Störziffer betrug bei Stationen mit älteren Ableitern aus der Bauzeit 1928 bis 1932 (s. Zahlentafel 1) nur noch 20 %, bei denen mit neueren Ableitern 2,6 %. Ähnlich waren die Ergebnisse der Transformatorenschäden: Störziffer der Stationen ohne Ableiter 4,0 %, mit älteren Ableitern 0 %, mit neueren Ableitern 0,65 %.

Wie oben erwähnt, sind in den letzten Jahren in der Verbesserung des Überspannungsableiters bedeutende Fortschritte erzielt worden. Die Wirkung dieser neuen Typen geht aus Zahlentafel 2 hervor. Die Tafel 2 wurde der Störungsstatistik eines norddeutschen Stromversorgungsunternehmens entnommen. Als Richtschnur wurde die Anzahl der geschützten und ungeschützten Stationen zugrunde gelegt. Die Störungen an Sicherungen und Transformatoren (nur durch Blitzschlag!) sind sowohl in ihrer absoluten Größe als auch im Verhältnis zur Gesamtzahl der Stationen aufgeführt, wobei das Verhältnis der aufgetretenen Schäden zu der Zahl der in Betracht zu ziehenden Stationen die absolute Störziffer in Prozent ergibt.

Zunächst ist die relativ hohe Störziffer der nicht geschützten Stationen auffallend. Diese erklärt sich jedoch daraus, daß infolge der größtenteils völlig flachen Landschaft die Gewitteranfälligkeit des Freileitungsnetzes recht groß ist. Wenn auch die Gewitterhäufigkeit gegenüber anderen Gebieten zurückgeht, so liegt doch die Zahl der direkten Blitzeinschläge verhältnismäßig hoch. Zur näheren Erläuterung sei noch erwähnt, daß das 15 kV-Netz auf Beton errichtet ist unter Verwendung von Voll-

[1]) R. Foitzik, ETZ 60 (1939) H. 4, S. 89 und H. 5, S. 128.

[2]) von Borries, ETZ 58 (1937) S. 493.

Digitized by Google

Zahlentafel 2. Statistik über die Schutzwirkung der Überspannungsableiter in einem 15 kV-Netz — absolute Störziffer*).

Jahr	Zahl der Stationen	Stationen				Sicherungsschäden**)				Transformatorenschäden				Summe aller Störungen	
		mit Abl.		ohne Abl.		mit Abl.		ohne Abl.		mit Abl.		ohne Abl.			
		Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%
1932	1021	37	3,6	984	96,4	32	81,5	615	62,5	1	2,7	58	5,89	706	69,1
1933	1023	37	3,6	986	96,4	20	54,1	364	36,9	0	0	51	5,17	435	42,5
1934	1046	37	3,5	1009	96,5	22	59,5	547	54,2	2	5,4	39	3,87	610	58,3
1935	1084	91	8,4	993	91,6	18	19,8	770	77,5	0	0	54	5,44	842	77,7
1936	1109	191	17,2	918	82,8	1	0,52	184	20,1	0	0	11	1,20	196	17,7
1937	1150	462	40,2	688	59,8	8	1,73	277	40,3	0	0	3	0,44	288	25,0
1938	1197	746	62,4	451	37,6	4	0,54	118	26,2	0	0	3	0,67	125	10,4

*) Die Schäden beziehen sich auf die Stationen, nicht auf die Stückzahl der durchgeschmolzenen Sicherungen.
**) Eingebaut sind vor allem Kathodenfallableiter und einige SAW-Ableiter. Die Erfahrungen sind bei beiden Fabrikaten gleich gut.

kernisolatoren (Stichleitung: Holzmaste, Stützisolatoren)[3]).

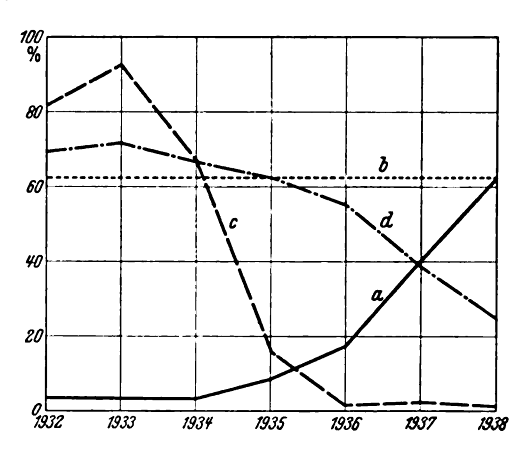
Für die Untersuchung der Schutzwirkung der Überspannungsableiter ist die Störziffer der Sicherungsschäden am geeignetsten, da diese Störungen zahlenmäßig am größten sind und daher Fehler der Statistik am besten ausgleichen. Diese Ziffer ist in den Jahren 1932 bis 1934 außerordentlich groß. Auffallend ist, daß die Störziffer der geschützten Stationen die der ungeschützten wesentlich übersteigt. Z. B. sind im Jahre 1932 in 62,5 % der ungeschützten Stationen Sicherungen durchgeschmolzen, während die Zahl bei den geschützten Stationen 81,5 % betrug. Dieses Ergebnis hat folgende Gründe:

1. Es war selbstverständlich, daß der Betriebsleiter in den ersten Jahren die Stationen schützen ließ, die den Gewitterstörungen am meisten unterlagen. In den vorhergehenden Jahren zeigten die gleichen 37 Stationen eine Störziffer, die stets über 100 bis 130 % betrug.
2. Da die erforderlichen Erfahrungen für den Einbau der Ableiter noch fehlten, wurde der Schutzwert oft nicht voll ausgenutzt.
3. Schließlich war die Güte der Ableiter selbst in den ersten Jahren noch recht ungenügend, wie auch aus Zahlentafel 1 ersichtlich.

Diese anfangs recht hohe Störziffer der geschützten Stationen von 81,5 % fällt im Laufe der Jahre auf unter 1 %. Der außergewöhnlich große Erfolg zeigt sich auch bei den Transformatorenschäden. Heute treten in dem vorliegenden Netz durch Überspannungen praktisch keine Transformatorenschäden mehr auf.

Die Zahlen der einzelnen Jahre lassen sich nicht direkt miteinander vergleichen, da der Gewitterreichtum sehr verschieden ist. Brauchbare Werte erzielt man erst, wenn man die Störziffern auf einen festen Wert reduziert. Als Bezugsgröße ist die Anzahl der Sicherungsschäden in den ungeschützten Stationen im Jahre 1932 zugrunde gelegt. Dieser Wert eignet sich als Bezugsgröße am besten, da man auf Grund der maximalen Häufigkeit den Unsicherheitsfaktor klein hält. Die errechneten Werte (Abb. 1) ergeben recht brauchbare Kurven. Infolge der Umrechnung auf gleiche Gewitterhäufigkeit ist die Störziffer der ungeschützten Stationen (b) konstant. Welch ausschlaggebender Erfolg durch die Überspannungsableiter erzielt wurde, zeigt Kurve *d*, die den Prozentsatz aller Störungsfälle darstellt, gleiche Gewitterhäufigkeit vorausgesetzt. Danach scheint es sicher zu sein, daß der 100prozentige Ausbau aller Stationen mit Ableitern die Störziffer auf 1 bis 2 % herabdrücken wird. Der steile Abfall der Gesamtstörziffer im Laufe der Jahre ist aber nicht nur auf den steigenden Anteil der geschützten Stationen zurückzuführen. Die Ableiter selber wurden in den letzten Jahren außerordentlich verbessert. Dies veranschaulicht Kurve *c* sehr gut, wonach die Störziffer der geschützten Stationen von 80 bis 90 % auf 1 bis 2 % gefallen ist.

[3]) Weitere Angaben: Gesamtlänge etwa 3000 km. Anordnung der Leiter bei Betonmasten in einer Ebene, bei Holzmasten im Dreieck, kein Erdseil, Erdschlußlöschung durch Petersenspule, Anbringung der Ableiter an der Außenwand der Station, Erdung über Stationserde.



a Prozentsatz der geschützten Stationen
b Störziffer der Sicherungsdefekte in Stationen ohne Ableiter
c Störziffer der Sicherungsdefekte in Stationen mit Ableiter
d Störziffer aller Schäden

Abb. 1. Reduzierte Störziffer.

Ohne Frage ließen sich die restlichen Störungen von 1 bis 2 % noch weiter beschränken, aber es besteht kein Zweifel, daß z. Z. durch eine Erweiterung des Stromableitevermögens die wirtschaftliche Grenze überschritten würde. Auch spielt diese geringfügige Störanfälligkeit des Freileitungsnetzes für die Stromversorgung kaum noch eine nennenswerte Rolle. Es bleibt noch zu erwähnen, daß mitunter derartige Belastungen auftreten, daß Überspannungsableiter zerstört werden können. So wurden z. B. von 746 eingebauten Sätzen im Jahre 1938 in fünf Stationen acht Ableiter, das sind 0,35 % der insgesamt eingebauten Ableiter, zerstört. Die zerstörten Ableiter stammten ausschließlich aus den früheren Baujahren. Die durch diese Schäden gelegentlich auftretenden Stromunterbrechungen sind natürlich unerwünscht; es ist jedoch zu erwarten, daß mit den Ableitern der jüngsten Bauformen der an und für sich schon geringe Prozentsatz an Zerstörungen noch weiter herabgesetzt wird.

Zusammenfassung.

Der Erfolg der Überspannungsableiter ist recht bedeutungsvoll. Die Sicherungsschäden lassen sich auf eine Störziffer von wenigen Prozenten herabmindern. Diese beachtenswerte Wirkung ist nicht zuletzt auf die Entwicklung der Schutzmittel zurückzuführen, wie die Betriebserfahrungen eindeutig beweisen.

Digitized by Google

Leitungsseilkurven bei verschieden hohen Aufhängepunkten.

Von F. Niethammer VDE, Prag.

DK 621.315.171.001.1

Übersicht. In einem ausführlichen Aufsatz*) „Leitungsseilkurven bei Berücksichtigung der Elastizität und Steifigkeit" habe ich die Freileitungen mit verschieden hohen Aufhängepunkten nicht behandelt, was hiermit nachgetragen werden soll. Es wird durchweg die auch für große Spannweiten gültige Kettenlinie benutzt, aus der durch Reihenentwicklung die für die meisten praktischen Fälle ausreichende Parabel gefunden wird.

1. Ist c der Höhenunterschied der beiden Aufhängepunkte A und B und ist a die waagerechte Spannweite, so ist $\operatorname{tg}\psi = c/a$ sowie $d = \sqrt{a^2 + c^2}$, und für die Koordinaten (x_A, y_A) und (x_B, y_B) der Aufhängepunkte gilt nach Abb. 1 und 2

$$y_B - y_A = c \quad \text{sowie} \quad x_B - x_A = a\,, \tag{1}$$

wobei x_A in Abb. 1 negativ ist. Nimmt man den Parameter $h = \sigma_k/\gamma$ an, indem man beachtet, daß hier die

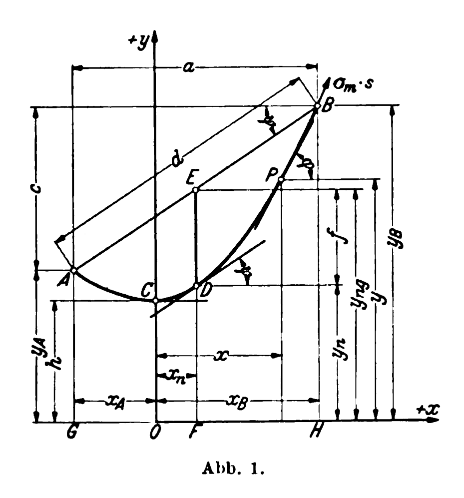


Abb. 1.

größte Zugspannung σ_m im oberen Aufhängepunkt B wesentlich größer zu sein pflegt als die waagerechte Zugspannung σ_k, so erhält man mit Hilfe der Gleichung

$$y = h\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x}{h} = \frac{h}{\cos\varphi} \tag{2}$$

der Kettenlinie aus Gl. (1)

$$\mathfrak{Cof}\,\frac{x_B}{h} - \mathfrak{Cof}\,\frac{x_A}{h} = \frac{c}{h}$$

und durch Umformung

$$\mathfrak{Sin}\left(\frac{x_B}{h} - \frac{a}{2h}\right) = \frac{c/h}{2\,\mathfrak{Sin}\,a/2h} = \mathfrak{Sin}\left(\frac{x_A}{h} + \frac{a}{2h}\right). \tag{3}$$

Aus Tabellen der Hyperbelfunktionen (z. B. Hütte I) kann man nun, wenn a, c und h bekannt sind, den Wert $x_n/h = x_B/h - a/2h = x_A/h + a/2h$ entnehmen und damit x_A und x_B, also die Lage der y-Achse OC und der Kettenlinie ermitteln. Es ist auch

$$x_n = \left(\frac{x_A + x_B}{2}\right), \tag{3a}$$

wenn x_A in Abb. 1 negativ ist.

*) Elektrotechn. u. Masch.-Bau 52 (1934) S. 266. Wegen der Bezeichnungen sei auf diesen Aufsatz verwiesen. Für die Spannweite ist hier a statt $2b$ gesetzt, weil die Seilkurve nicht mehr symmetrisch ist.

Geht man durch Reihenentwicklung der $\mathfrak{Sin}$-Werte in Gl. (3) zur Parabel über, so erhält man

$$\frac{x_B - \frac{a}{2}}{h} = \frac{c/h}{2\,a/2\,h} = \frac{x_A + \frac{a}{2}}{h}\,,$$

also

$$x_B = \frac{c\,h}{a} + \frac{a}{2} \quad \text{und} \quad x_A = \frac{c\,h}{a} - \frac{a}{2} \tag{3b}$$

und

$$x_n = \frac{x_A + x_B}{2} = \frac{c\,h}{a}\,. \tag{3c}$$

2. Der größte senkrechte Durchhang f (Abb. 1 und 2) findet sich aus dem Höchstwert der Differenz der Ordinaten y_g der Geraden $\overline{AB}$ und demjenigen y_k der Kettenlinie $\widehat{AB}$, also mit m = Maximum

$$f = (y_g - y_k)_m, \tag{4}$$

wenn die Gleichung der Geraden AB ist

$$y_g = y_A + \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}\,(x_B - x_A) \tag{5}$$

und die der Kettenlinie

$$y_k = h\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x}{h}\,. \tag{2a}$$

Bildet man $\dfrac{\partial\,(y_g - y_k)}{\partial x} = 0$, so ergibt sich die Abszisse $x = x_n$, zu der der Durchhang f gehört, aus

$$\mathfrak{Sin}\,\frac{x_n}{h} = \frac{c}{a}\,. \tag{6}$$

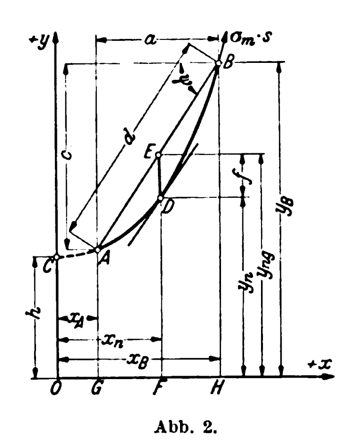


Abb. 2.

Aus Tabellen der Hyperbelfunktion entnimmt man zu Gl. (6) den Wert von x_n/h und gewinnt damit x_n. Dieser genaue Wert von x_n wird sich etwas, wenn auch wenig, von dem Wert aus Gl. (3) und (3c) unterscheiden. Mit diesem Wert von x_n geht man in Gl. (4) ein und benutzt Gl. (5) und (2a), womit sich der genaue Wert des Durchhanges f ergibt, nämlich

$$f = y_A + \frac{c}{a}\,(x_n - x_A) - h\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x_n}{h}\,. \tag{7}$$

Entwickelt man den $\mathfrak{Sin}$ in Gl. (6) wieder in einer Reihe, so erhält man für die Parabel wie in Gl. (3c)

$$x_n = h\,\frac{c}{a} \tag{6a}$$

und

$$x_A = x_n - \frac{a}{2} \quad \text{und} \quad x_B = x_n + \frac{a}{2}\,. \tag{6b}$$

Die Ordinate $y_n = \overline{FD}$ verläuft also in der Mitte der Spannweite a. Es ist $\overline{AE} = \overline{EB}$ und $\overline{GF} = \overline{FH}$. Durch Umformung des Ausdruckes Gl. (7) unter Benutzung von

Digitized by Google

Gl. (6 a) und (6 b) findet man für den größten senkrechten Durchhang den genauen Wert

$$f = h\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x_n}{h}\left(\mathfrak{Cof}\,\frac{a}{2\,h} - 1\right) \tag{8}$$

oder

$$f = \frac{h}{\cos\psi}\left(\mathfrak{Cof}\,\frac{a}{2\,h} - 1\right). \tag{8a}$$

Geht man wieder auf die Parabel über, so erhält man für den Durchhang

$$f = \frac{a^2}{8\,h\cos\psi} = \frac{a^2\gamma}{8\,\sigma_k}\,\frac{1}{\cos\psi}. \tag{8b}$$

3. Die Zugbeanspruchung σ_x in einem beliebigem Punkt P ist

$$\sigma_x = \frac{\sigma_k}{\cos\varphi} = \frac{h}{\cos\varphi}\,\gamma = \gamma\,y = \sigma_k\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x}{h}. \tag{9}$$

Die Zugbeanspruchung im Punkte D des größten senkrechten Durchhanges ist

$$\sigma_n = y_n\,\gamma = \sigma_k\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x_n}{h} = \frac{\sigma_k}{\cos\psi}. \tag{9a}$$

Die größte Beanspruchung im oberen Aufhängepunkt ist

$$\sigma_m = y_B\,\gamma = \sigma_k\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x_B}{h} = \sigma_n\,\frac{\mathfrak{Cof}\,\frac{x_B}{h}}{\mathfrak{Cof}\,\frac{x_n}{h}}. \tag{9b}$$

Führt man in Gl. (8 b) für den Durchhang f statt σ_k den Wert σ_n ein, so wird mit $\overline{AB} = d = \frac{a}{\cos\psi} = \sqrt{a^2 + c^2}$ der Durchhang für die Parabel

$$f = \frac{d^2\gamma}{8\,\sigma_n}, \tag{8c}$$

und der Parameter $h = \sigma_k/\gamma$ wird

$$h = \frac{\sigma_n}{\gamma}\,\frac{a}{d}. \tag{10}$$

4. Die totale Seillänge $l = \widehat{ADB}$ in Abb. 1 und 2 findet sich aus

$$l = l_{\widehat{BA}} = l_B \mp l_A = h\,\mathfrak{Sin}\,\frac{x_B}{h} \mp h\,\mathfrak{Sin}\,\frac{x_A}{h}. \tag{11}$$

Das Pluszeichen gilt für Abb. 1, das Minuszeichen für Abb. 2.

Da $c = y_B - y_A = h\,\mathfrak{Cof}\,x_B/h - h\,\mathfrak{Cof}\,x_A/h$, wird auch

$$l = \sqrt{c^2 + (2\,h)^2\,\mathfrak{Sin}^2\,\frac{a}{2\,h}}. \tag{11a}$$

Für die Parabel erhält man durch Reihenentwicklung aus Gl. (11 a) die Seillänge:

$$l = \sqrt{c^2 + (2\,h)^2\left\{\frac{a}{2\,h} + \frac{a^3}{(2\,h)^3\cdot 6}\right\}} = \sqrt{d^2 + \frac{a^4}{12\,h^2}}$$

oder mit $a/d = \cos\psi = \sigma_k/\sigma_n$

$$l = d\left(1 + \frac{a^2\gamma^2}{24\,\sigma_n^2}\right). \tag{11b}$$

Bei gleich hohen Stützpunkten ist dagegen

$$l = a\left(1 + \frac{a^2\gamma^2}{24\,\sigma_k^2}\right) = 2\,b\left(1 + \frac{b^2\gamma^2}{6\,\sigma_k^2}\right). \tag{11c}$$

Entwickelt man in Gl. (11) die $\mathfrak{Sin}$ in Reihen, so wird

$$l = x_B - x_A + \frac{\gamma^2}{6}\,\frac{x_B^3 - x_A^3}{\sigma_k^2}.$$

Nach Gl. (3 b) mit

$$x_B = \frac{\sigma_k}{\gamma}\,\frac{c}{a} + \frac{a}{2} \quad \text{und} \quad x_A = \frac{\sigma_k}{\gamma}\,\frac{c}{a} - \frac{a}{2}$$

wird

$$l = a + \frac{c^2}{2\,a} + \frac{a^3\gamma}{24\,\sigma_k^2}. \tag{11d}$$

5. Die größtmögliche Spannweite a_m folgt aus Gl. (9 b) und

$$\frac{d\,\sigma_m}{d\,h} = d\left\{h\,\gamma\,\mathfrak{Cof}\,\frac{(x_n + a/2)}{h}\right\}\Big/ d\,h = 0, \tag{12}$$

woraus folgt

$$\frac{x_n + \frac{a}{2}}{h}\,\mathfrak{Tg}\,\frac{x_n + \frac{a}{2}}{h} = 1. \tag{12a}$$

Für die größtmögliche Spannweite folgt also

$$\frac{x_n + \frac{a}{2}}{h} = 1{,}2.$$

Einige Beispiele für die größtmögliche Spannweite a_m aus Gl. (12 a) zeigt die folgende Zahlentafel:

$x_n = 0$	$a/8$	$a/4$	$a/2$	a
$\frac{a}{h} = 2{,}4$	1,92	1,60	1,2	0,8
$x_B = \frac{a}{2}$	$5\,a/8$	$3\,a/4$	a	$3\,a/2$
$\sigma_m = \sigma_k\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x_B}{h} = 1{,}81\,\sigma_k$				
$a_m = 4/3$	1,06	0,88	0,66	$0{,}44 \cdot \frac{\sigma_m}{\gamma}$
$f = 0{,}33$	0,27	0,225	0,183	$0{,}135 \cdot a$

Je größer x_n, also je steiler die Leitung ansteigt, desto kleiner wird die größtmögliche Spannweite a_m.

Für gleich hohe Aufhängepunkte, wo $x_n = 0$ ist, wird wie früher

$$\frac{a}{2\,h}\,\mathfrak{Tg}\,\frac{a}{2\,h} = 1 \tag{12b}$$

oder

$$\frac{b}{h}\,\mathfrak{Tg}\,\frac{b}{h} = 1, \tag{12c}$$

wozu $b/h = 1{,}2$ gehört.

H. Schenkel[1]) hat als Bedingung für die größtmögliche Spannweite statt Gl. (12 a) folgenden Ausdruck

$$\frac{1}{\mathfrak{Tg}\,\frac{\frac{a}{2} + x_n}{h}} + \frac{1}{\mathfrak{Tg}\,\frac{\frac{a}{2} - x_n}{h}} = \frac{a}{h} \tag{13}$$

erhalten, aus dem für $x_n = 0$ auch $a/2\,h\,\mathfrak{Tg}\,a/2\,h = 1$ folgt. Ich habe versucht, für die Gl. (13) eine Tafel wie oben für Gl. (12 a) aufzustellen, habe aber keine brauchbaren Werte erhalten.

6. In meinem früheren Aufsatz habe ich für die Parabel die Zustandsgleichung (6 b) für Durchhang f und Zugbeanspruchung σ bei beliebiger Temperatur ϑ und beliebigem spezifischen Gewicht γ aus der größtzulässigen Beanspruchung σ_0 bei ϑ_0 ($= -5°$) und dem spezifischen Gewicht γ_0 (mit Zusatzlast) hergeleitet.

Man kann eine solche Zustandsgleichung auch für die Kettenlinie mit verschieden hohen Aufhängepunkten ermitteln. Man geht wie im früheren Aufsatz aus von der Beziehung

$$l - l_0 = l_0\,(\vartheta - \vartheta_0)\,\alpha_w + l_0\,(\sigma_d - \sigma_{d_0})\,\alpha, \tag{14}$$

[1]) ETZ 53 (1932) S. 28. Er bildet

$$2\,y_n = y_A + y_B = 2\,h\,\mathfrak{Cof}\,\frac{x}{h}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{a}{2\,h} \quad \text{sowie} \quad c = 2\,h\,\mathfrak{Sin}\,\frac{x}{h}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{a}{2\,h}$$

und schließlich

$$\frac{2\,\partial y_n/\partial x}{\partial c/\partial x} = \frac{2\,\partial y_n/\partial h}{\partial c/\partial h},$$

woraus Gl. (13) folgt.

Digitized by Google

wo l und l_0 die Seillängen bei den Temperaturen ϑ und ϑ_0 sind, a_w der Wärmeausdehnungskoeffizient, $\alpha = 1/E$ die Dehnungszahl, σ_d und σ_{d_0} sind die mittleren Seilspannungen bei ϑ und ϑ_0.

Es ist

$$\sigma_d = \frac{1}{a}\int_{x_B}^{x_A} \sigma_x\, d x = \frac{1}{a}\int_{x_B}^{x_A} \sigma_k \operatorname{Cof}\frac{x}{h}\, d x$$

$$= \frac{\sigma_k^2}{\gamma a}\left(\operatorname{Sin}\frac{x_B}{h} - \operatorname{Sin}\frac{x_A}{h}\right). \quad (14\,a)$$

Dann ergibt sich aus Gl. (14)

$$\frac{h}{h_0}\,\frac{\operatorname{Sin}\frac{x_B}{h} \mp \operatorname{Sin}\frac{x_A}{h}}{\operatorname{Sin}\frac{x_B}{h_0} \mp \operatorname{Sin}\frac{x_A}{h}} - 1 = (\vartheta - \vartheta_0)\, a_w + \frac{\alpha}{a}\left\{\frac{\sigma^2}{\gamma}\left(\operatorname{Sin}\frac{x_B}{h} \mp \operatorname{Sin}\frac{x_A}{h}\right) - \frac{\sigma_0^2}{\gamma_0}\left(\operatorname{Sin}\frac{x_B}{h_0} \mp \operatorname{Sin}\frac{x_A}{h_0}\right)\right\}$$

oder nach der Unbekannten σ geordnet

$$\left(\operatorname{Sin}\frac{x_B \gamma}{\sigma} \mp \operatorname{Sin}\frac{x_A \gamma}{\sigma}\right)\left\{\frac{\sigma\frac{\gamma_0}{\sigma_0 \gamma}}{\left(\operatorname{Sin}\frac{x_B \gamma_0}{\sigma_0} \mp \operatorname{Sin}\frac{x_A \gamma_0}{\sigma_0}\right)} - \sigma^2 \frac{\alpha}{a \gamma}\right\} = 1 + (\vartheta - \vartheta_0)\, a_w - \frac{\alpha \sigma_0^2}{a \gamma_0}\left(\operatorname{Sin}\frac{x_B \gamma_0}{\sigma_0} \mp \operatorname{Sin}\frac{x_A \gamma_0}{\sigma_0}\right). \quad (15)$$

Diese Gleichung kann nur durch Probieren nach σ gelöst werden. Wegen $\pm$ siehe Gl. (11).

Mit dem Ausdruck (11 a) für l und l_0 ergibt sich aus Gl. (14) folgende Form der Zustandsgleichung:

$$\sqrt{c^2 + 4\frac{\sigma^2}{\gamma^2}\operatorname{Sin}^2\frac{a \gamma}{3 \sigma}}\left\{\frac{1}{\sqrt{c^2 + 4\frac{\sigma_0^2}{\gamma_0^2}\operatorname{Sin}^2\frac{a \gamma_0}{2 \sigma_0}}} - \frac{\alpha}{a}\sigma\right\}$$

$$= (\vartheta - \vartheta_0)\, a_w - \frac{\alpha}{a}\sigma_0\sqrt{c^2 + \frac{4 \sigma_0^2}{\gamma_0^2}\operatorname{Sin}^2\frac{a \gamma_0}{2 \sigma_0}}. \quad (15\,a)$$

$\sigma = \sigma_k$ ist in Gl. (15) und (15 a) immer die Zugspannung im Scheitel der Kettenlinie. σ_n und σ_m nach Gl. (9 a) und (9 b) sind wesentlich größer. Bei gleich hohen Aufhängepunkten erhält man aus Gl. (15) und (15 a) mit $a = 2\, b$

$$\operatorname{Sin}\frac{b \gamma}{\sigma}\left\{\frac{\sigma\frac{\gamma_0}{\sigma_0 \gamma}}{\operatorname{Sin}\frac{b \gamma_0}{\sigma_0}} - \sigma^2 \frac{\alpha}{b \gamma}\right\} = 1 + (\vartheta - \vartheta_0)\, a_w$$

$$- \frac{\alpha \sigma_0^2}{b \gamma_0}\operatorname{Sin}\frac{b \gamma_0}{\sigma_0}. \quad (15\,b)$$

Es empfiehlt sich, zunächst Näherungswerte für σ aus den nachfolgenden, durch Reihenentwicklung entstandenen Zustandsgleichungen (16) und (17) der Parabel zu ermitteln, und dann geht man mit diesen Werten in Gl. (15) oder (15 a) ein. Man ändert dann σ, bis die Gleichungen (15) oder (15 a) befriedigt sind.

Geht man mit Gl. (11 b) und $\sigma_d = \sigma_n$ sowie $\sigma_{d_0} = \sigma_{n_0}$ in Gl. (14) ein, so ergibt sich für die Parabel mit ungleich hohen Aufhängepunkten, wenn man $d/l_0 = 1$ setzt, die Näherungs-Zustandsgleichung

$$\frac{a^2}{24}\left(\frac{\gamma^2}{\sigma_n^2} - \frac{\gamma_0^2}{\sigma_{n_0}^2}\right) = (\vartheta - \vartheta_0)\, a_w + (\sigma_n - \sigma_{n_0})\, \alpha$$

oder

$$\sigma_n^3 + \sigma_n^2\left[\frac{a_w}{\alpha}(\vartheta - \vartheta_0) + \frac{a^2 \gamma_0^2}{24\, \sigma_{n_0}^2 \alpha} - \sigma_{n_0}\right] - \frac{a^2 \gamma^2}{24\, \alpha} = 0. \quad (16)$$

Das ist eine Gleichung für die Zugbeanspruchung σ_n im Mittelpunkte D der Kettenlinie. Diese Gleichung stimmt in ihrer Form völlig mit der im früheren Aufsatz gegebenen Gl. (6 b) für gleich hohe Aufhängepunkte überein. Es tritt nur an Stelle von σ_k der Wert σ_n, beide Werte gelten für den Scheitel, der durch die Tangente $// \overline{AB}$ gegeben ist. Mit Hilfe von Gl. (9 a) und (9 b) kann man aus σ_n die Werte σ_k und σ_m ermitteln.

Etwas genauer ist es wohl, zunächst den Ausdruck (14 a) in einer Reihe zu entwickeln, so wird mit $\sigma = \sigma_k$

$$\sigma_d = \frac{\sigma^2}{\gamma a}\left\{\frac{x_B}{h} - \frac{x_A}{h} + \frac{x_B^3}{6\, h^3} - \frac{x_A^3}{6\, h^3}\right\} = \frac{\sigma}{a}\left\{a + \frac{x_B^3 - x_A^3}{6\, h^2}\right\}$$

oder mit

$$c = y_B - y_A = \frac{\gamma x_B^2}{2 \sigma} - \frac{\gamma x_A^2}{2 \sigma}$$

$$\sigma_d = \sigma\left(1 + \frac{c^2}{2\, a^2}\right) + \frac{\gamma^2 a^2}{24\, \sigma}. \quad (17)$$

Setzt man für l den Wert (11 a) und für σ_d den Wert (17) in (14) ein und benutzt man entsprechende Werte für l_0 und σ_{d_0}, so erhält man

$$(d \cos \psi)\, \frac{a^2}{24}\left(\frac{\gamma^2}{\sigma^2} - \frac{\gamma_0^2}{\sigma_0^2}\right) = (\vartheta - \vartheta_0)\, a_w\, l_0 + (\sigma_d - \sigma_{d_0})\, \alpha\, l_0.$$

Mit $d/l_0 = 1$ ergibt sich dann nach Ordnung der Glieder die angenäherte Zustandsgleichung[2]):

$$\sigma^3\left(1 + \frac{c^2}{2\, a^2}\right) + \sigma^2\left[\frac{a_w}{\alpha}(\vartheta - \vartheta_0) + \frac{a^2 \gamma_0^2}{24\, \sigma_0^2 \alpha}\cos \psi\right.$$

$$\left. - \sigma_0\left(1 + \frac{c^2}{2\, a^2}\right)\right] - \frac{a^2 \gamma^2}{24\, \alpha}\cos \psi = 0. \quad (18)$$

Hat man $\sigma = \sigma_k$ aus Gl. (18) oder σ_n aus Gl. (16) bestimmt, so kann man mit diesen Werten in Gl. (15) oder (15 a) eingehen und sie so lange ändern, bis auch diese genauen Gleichungen befriedigt sind. Man kann auch bei der Reihenentwicklung von Gl. (15) oder (15 a) weitere Glieder, also die 5. und 7. Potenzen, heranziehen. Dann bekommt man aber auch Gleichungen höheren Grades für σ oder σ_n, die wie die genauen Gleichungen (15) bis (15 b) auch nur durch Probieren gelöst werden können.

Zusammenfassung.

Für Leitungen mit verschieden hohen Aufhängepunkten werden unter Benutzung der Kettenlinie, die auch für die größten Spannweiten genau gilt, der größte senkrechte Durchhang, die Zugbeanspruchung in allen Punkten, die totale Seillänge, die größtmögliche Spannweite und vor allem auch die Zustandsgleichung bei beliebiger Temperatur übersichtlich zusammengestellt. Anschließend wird durch Reihenentwicklung für alle diese Fälle auf die Parabel übergegangen, die ja für die meisten praktischen Fälle benutzt werden kann.

[2]) Siehe z. B. E. Maurer, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 41.

Digitized by Google

Bericht über die 10. Vollversammlung der Internationalen Beleuchtungskommission (IBK) in Scheveningen 1939.

DK 621.32(06.)

Die Internationale Beleuchtungskommission, in der Deutschland durch die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (DLTG) im NSBDT vertreten wird, trat zu ihrer 10. Vollversammlung vom 11. bis 20. 6. 1939 in Scheveningen (Holland) zusammen. Aus 15 Ländern waren etwa 400 Besucher erschienen; die deutsche Delegation als drittstärkste umfaßte rd. 60 Teilnehmer. Die Eröffnung wurde am 12. 6. im Kurhaus durch den holländischen Minister für Verkehrswesen und öffentliche Arbeiten in feierlicher Form vorgenommen. Am Nachmittag des gleichen Tages begannen die 5 Arbeitstage ausfüllenden Sitzungen von 24 Fachgruppen. Über die auf diesen Fachgruppen-Sitzungen gefaßten Beschlüsse und Empfehlungen, die nach einer viermonatigen Frist bei Zustimmung der nationalen Komitees in Kraft treten, soll nachfolgend kurz das Wichtigste berichtet werden.

Die Fachgruppe für das Wörterbuch (Sekretariat Schweiz) hat sich damit einverstanden erklärt, daß im Zusammenhang mit dem in den 3 offiziellen Sprachen der IBK, deutsch, englisch und französisch, vorliegenden Wörterbuch jedes nationale Komitee eine Übersetzung der definierten Ausdrücke in seiner Landessprache anfügen kann. Die Ausgestaltung der zweiten Ausgabe wird von dem Arbeitsausschuß vorbereitet. Außerdem soll dafür gesorgt werden, eine gute Übereinstimmung mit dem Internationalen Elektrotechnischen Wörterbuch zu sichern.

Die Fachgruppe für Grundgrößen und Bezeichnungen (Sekretariat Frankreich) hat den für den Helligkeitseindruck bei der Betrachtung sehr klein erscheinender Lichtquellen, z. B. Sterne, maßgebenden Begriff der „Punkthelle" definiert. Die Punkthelle wird durch die Beleuchtungsstärke auf einem zur einfallenden Strahlung senkrechten Flächenelement in der Pupillenebene gemessen. Für Größen, die sich auf den Energiefluß einer Strahlung beziehen, sollen tunlichst die von der Lichttechnik her bekannten Bezeichnungen unter Hinzufügung von Vorsilben oder Beiwörtern verwandt werden. Für die Kennzeichnung der spektralen Verteilung des Lichtes wurde die Einführung von auf die Wellenlängeneinheit bezogenen Größen beschlossen. Hinsichtlich der Vektorrechnung in der Lichttechnik soll bei den nationalen Komitees Umfrage gehalten werden.

Die Fachgruppe für Einheiten und Lichtstandard (Sekretariat Zentralbüro England) besprach internationale Vergleichsmessungen, die zur Vorbereitung der Einführung der Neuen Kerze ab 1. 1. 1940 in Angriff genommen worden sind. Ferner wurden die in verschiedenen Ländern im Gang befindlichen Messungen der spektralen Hellempfindlichkeit erörtert.

Auf der Sitzung der Fachgruppe für Licht und Sehen (Sekretariat England) wurde eingehend über Sichtbarkeitsmesser berichtet. Ferner fanden Vorträge über Blendung, u. a. auch über Blendung bei farbigem Licht, statt.

Die Fachgruppe für subjektive Photometrie (Sekretariat Ungarn) stellte nach Bestätigung der bereits früher angenommenen Fundamentalgleichung über den Zusammenhang von Leuchtdichte, spektraler Energieverteilung und Augenempfindlichkeit fest, daß z. Z. keine Veranlassung vorliegt, die Augenempfindlichkeitskurve zu ändern. Zur Sicherstellung einwandfreier photometrischer Messungen entsprechend den aufgestellten Grundsätzen wurden sämtliche nationalen Komitees um Durchführung zweckdienlicher Versuche gebeten. Hierbei sollen vor allen Dingen der Einfluß der Umfeld-Leuchtdichte und der Einfluß unterschiedlicher spektraler Energieverteilung genauer geprüft werden. Zwischen acht unserer Physikalisch-Technischen Reichsanstalt entsprechenden Instituten verschiedener Länder wurden Vergleichsmessungen von Filterdurchlässigkeiten verabredet, wobei besondere Bedingungen hinsichtlich der anzuwendenden Meßverfahren sowie hinsichtlich der Farbtemperatur der verwendeten Lichtquellen zu beachten sind. Nach Möglichkeit sollen zu diesen Vergleichsmessungen auch Institute anderer Länder herangezogen werden.

Die Fachgruppe für objektive Photometrie (Sekretariat damals Polen) empfahl, das Augenmerk auf die Herstellung von Photozellen mit größerer Dauerhaftigkeit und Gleichmäßigkeit zu richten. Ferner sollen Verfahren für die Präzisionsphotometrie und besonders für die heterochrome Photometrie eingehender bearbeitet werden. Das Weiterverfolgen des Verhaltens der Zellen bei verschiedenen Betriebsbedingungen, wie z. B. bei sehr großen und sehr kleinen Beleuchtungsstärken, bei Beleuchtung mit Licht verschiedener Wellenlänge sowie mit polarisiertem Licht, wurde als sehr wünschenswert erachtet, ebenso die Untersuchung des Einflusses der Homogenität der lichtempfindlichen Schicht.

Die Fachgruppe für Farbmessung (Sekretariat Deutschland) hält die Untersuchung der sogenannten Normalbeleuchtung E, die an Stelle der Normalbeleuchtungen B und C in geeigneter Weise künstliches Tageslicht darstellen soll, für erforderlich, wobei es überlassen bleiben soll, vorzuschlagen, wie eine besser mit dem energiegleichen Spektrum übereinstimmende Normalbeleuchtung verwirklicht werden kann. Für die Verwendung der spektralen Farbdichte zur Kennzeichnung eines Farbeindruckes wurden genaue Festlegungen getroffen. Man empfiehlt ferner, Untersuchungsergebnisse über Farbunterschiedsschwellen in den verschiedenen Gebieten des Farbdreiecks zu sammeln, um u. U. neue Systeme aufzustellen, die den verschiedensten Sehbedingungen einer empfindungsgemäß gleichen Farbabstufung besser entsprechen. Weiter soll die Kennzeichnung der Farbwiedergabe von Lichtquellen sowie die räumliche Kennzeichnung von Farbeindrücken zum Gegenstand näherer Untersuchung gemacht werden.

Die Fachgruppe für Lichtquellen (Sekretariat Deutschland) war, beeindruckt durch mehrere Vorträge über den derzeitigen Stand der Gas- und Dampfentladungslampen, einmütig der Ansicht, daß eine Übersicht über die Entwicklung der Lichtquellen auf jeder Vollversammlung Gegenstand einer Sitzung sein sollte.

Die Fachgruppe für lichtzerstreuende Baustoffe (Sekretariat bisher Tschecho-Slowakei) hat nach Bestätigung der früher gefaßten Entschlüsse der Praxis angepaßte Richtlinien für die Kennzeichnung lichtzerstreuender Hohlkörper festgelegt, wonach die Wirkungsgradmessung mit einer geschlossenen Kugel bestimmter Wandstärke und Öffnung unter Verwendung einer Klarglaslampe durchgeführt werden soll. Die Definition des Streufaktors in der früheren Form soll bei Matt- und Trübgläsern beibehalten werden. Darüber hinaus wird zur Kennzeichnung der lichttechnischen Eigenschaften die Verwendung von Lichtstärke- oder Leuchtdichtekurven des durchgelassenen und reflektierten Lichtstromes empfohlen, wozu bestimmte Richtlinien gegeben werden. Über die Einteilung der Streugläser sollen weitere Erfahrungen gesammelt und auch die Kennzeichnung von Ornamentgläsern und Gläsern prismatischer Form in die Betrachtung miteinbezogen werden.

Die Fachgruppe für Klasseneinteilung von Beleuchtungskörpern (Sekretariat England) hat in Anbetracht der bisher stets bei diesem Gebiet aufgetretenen Schwierigkeiten beschlossen, zunächst einmal eine Einteilung in 3 Klassen vorzunehmen. Zur Schaffung einer feineren Unterteilung sollen weitere Vorschläge brauchbarer Verfahren abgewartet werden.

In der Fachgruppe für Straßenbeleuchtung (Sekretariat England) wurde eine Reihe von Berichten über die Ausgestaltung der öffentlichen Beleuchtung in den verschiedenen Ländern gegeben, wobei in be-

merkenswerter Weise danach getrachtet wurde, allmählich dahin zu gelangen, die lichttechnisch zu stellenden Anforderungen schärfer als bisher formulieren zu können. Außerdem wies man besonders auf den 1930 auf der Wiener Tagung der Weltkraftkonferenz gefaßten Beschluß hin, statistische Unterlagen über den Zusammenhang zwischen Straßenbeleuchtung und Unfallhäufigkeit zu sammeln. Es soll ein zweckmäßiges Verfahren für die Aufstellung derartiger Statistiken ausgearbeitet werden.

In der Sitzung der Fachgruppe für Automobilscheinwerfer (Sekretariat Belgien) wurde festgesetzt, daß die Lichtmessungen zur Ermittlung der beiderseitigen Blendwirkung sich begegnender Kraftwagen in einem Abstand von 10 m vom Scheinwerfer vorgenommen werden sollen. Es wurde lebhaft bedauert, daß die Untersuchungen über die Bedeutung farbigen Lichtes im Automobilverkehr infolge fehlender Mittel abgebrochen werden mußten. Für die Zukunft soll besonderes Augenmerk auf die Bedingungen für einen reibungslosen Verkehr im Nebel sowie auf die Verwendung polarisierten Lichtes gelegt werden.

In der Fachgruppe für Lichtarchitektur (Sekretariat Italien) wurden interessante Beispiele der verschiedensten Beleuchtungsanlagen aus vielen Ländern in Lichtbildern gezeigt. Es wurde eine neue Fachgruppe zur Behandlung von Beleuchtungsanlagen in Museen geschaffen, deren Federführung Spanien übertragen wurde.

Die Fachgruppe für Flugverkehrsbeleuchtung (Bodenbeleuchtung) (Sekretariat Holland) hat sich den von der CINA getroffenen Festsetzungen angeschlossen, wonach rotes Licht ausschließlich der Gefahrenanzeige vorbehalten bleibt. Orangefarbiges Licht soll wegen der leichten Verwechselbarkeit mit Rot oder Gelb von jedem Gebrauch ausgeschlossen sein. Sehr wünschenswert wäre es, wenn in allen Ländern das Befeuerungssystem der Flugplätze, das bei Schlechtwetteranflug benutzt wird, gleichmäßig ausgeführt würde, wobei die Erkennung und Anordnung der Feuer den Flugzeugführer in die Lage versetzt, seine Höhe, Seitenabweichung und Flugbahn, seinen Abstand von der Grenze des Rollfeldes, seine Geschwindigkeit über Grund, seine Sinkgeschwindigkeit und die Lage des Flugzeuges festzustellen. Anflugfeuer sollen in Zwischenräumen von 50 m oder Vielfachem davon aufgestellt sein. Für Bodenfeuer wird ein Abstand von 25 m empfohlen. Bis zum April 1940 soll möglichst jedes nationale Komitee dem Sekretariat seine Erfahrungen über die Anflug- und Landbefeuerungen mitteilen, um anschließend über die Vereinheitlichung der Anlagen beraten zu können.

Die Fachgruppe für Flugverkehrsbeleuchtung (Flugzeugbeleuchtung) (Sekretariat Frankreich) hält als Mindestforderung das Vorhandensein von Stellungslichtern, Instrumentenbeleuchtung und Landescheinwerfern für erforderlich. Die zur Zeit geltenden Vorschriften der CINA werden als nicht genügend angesehen und sollten nach folgenden Gesichtspunkten erweitert werden:

a. Die Stärke der Stellungslichter sollte in Form einer Lichtstärkeverteilung angegeben werden. Als Anhaltspunkte sollen auch die Tragweiten bei klarer Sicht (Durchlässigkeit $t = 0{,}9$ /km) und bei leichtem Dunst ($t = 0{,}5$/km) genannt werden.

b. Es sollen 3 Stellungslichter, Backbord (rot), Steuerbord (grün) und am Schwanzende (weiß) gesetzt werden.

c. Über die Lichtverteilung werden bestimmte Vorschläge als empfehlenswert unterbreitet.

Man glaubt, daß die vorgeschlagenen Mindestbedingungen für die Befeuerung noch nicht vollkommen befriedigen werden, weshalb eine weitere Überprüfung dieser Fragen nach besonders angegebenen Gesichtspunkten beabsichtigt ist. Unter allgemeinem Beifall wurde zur Kenntnis genommen, daß die IBK von der CINA zur ständigen Beratung in lichttechnischen Fragen im Luftverkehr aufgefordert worden ist.

Die Fachgruppe für Verkehrssignale (Sekretariat Schweden) hat sich nach eingehender Aussprache ein fest umrissenes Programm aus der Fülle der mit der Signalgebung zusammenhängenden Probleme für die Zukunft gestellt.

Die Fachgruppe für natürliches und künstliches Tageslicht (Sekretariat Deutschland) hat bezüglich des natürlichen Tageslichts genaue Definitionen des „Tageslichtquotienten", des „Himmelslichtquotienten" und der „Himmelslichtgrenze" gegeben sowie Mindestwerte und zu empfehlende Werte für den Tageslichtquotienten vorgeschlagen. Im Zusammenhang mit dem künstlichen Tageslicht wurde vor allem die Farbbewertung besprochen sowie die Einführung der neuen Normalbeleuchtung E, die bereits bei der Fachgruppe für Farbmessung erwähnt wurde. Wegen der engen Verwandtschaft der Probleme sollen Fragen des künstlichen Tageslichtes in Zukunft im Rahmen der letztgenannten Fachgruppe bearbeitet werden.

Die Fachgruppe für Bergwerksbeleuchtung (Sekretariat Deutschland) hat für die künftigen Arbeiten die Untersuchung von Akkumulatorenlampen für Gruben im Hinblick auf eine gute Lichtverteilung, Gewichtsersparnis und Betriebskostensenkung empfohlen.

Die Fachgruppe für Ultraviolettstrahlung (Sekretariat Holland) bezeichnet es als wünschenswert, daß käuflichen Ultraviolettstrahlern die spektrale Energieverteilung beigefügt und der Käufer somit über die Eigenschaften der erworbenen Lampen unterrichtet wird. Über das UV-Normal von Krefft, Rößler und Rüttenauer sollen die nationalen Komitees mit möglichster Beschleunigung Erfahrungen sammeln. Man hält die Aufstellung einheitlicher Bezeichnungen, wie sie ähnlich in der Photometrie benutzt werden, zur Vermeidung von Mißverständnissen für erforderlich. In Aussicht genommen wurde das eingehende Studium der biologischen Empfindlichkeitskurven. Ferner soll die Bestimmung der spektralen Energieverteilung von im Handel erhältlichen Lampen in großem Umfange durchgeführt und ein Gerät für die Messung der UV-Gesamtstrahlung entwickelt werden.

Fachgruppe für die Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse (Sekretariat V. S. Amerika). In Anbetracht der großen Bedeutung des natürlichen und künstlichen Lichtes in seinen vielfachen Formen und mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der allgemeinen Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse bei der Jugenderziehung — hierzu wurde in einem Kongreßvortrag über die Aktion „Gutes Licht, gute Arbeit" und die Tätigkeit des Hauptausschusses „Gutes Licht" berichtet — wird empfohlen, daß in allen Ländern mit den in Betracht kommenden, für die Erziehung verantwortlichen Stellen Verhandlungen aufgenommen werden, um einen zweckmäßigen Lehrplan über Grundlagen der Beleuchtungstechnik aufzustellen. Um den internationalen Erfahrungsaustausch zu erleichtern, soll die Dezimalklassifikation zur Kennzeichnung benutzt und deren Ausbau entsprechend gefördert werden.

Die Fachgruppe für angewandte Beleuchtungstechnik (Sekretariat V. S. Amerika) empfahl Überprüfung der früher empfohlenen Werte für die Beleuchtungsstärke zur besseren Anpassung an den heutigen Stand der Technik. Ferner wurde empfohlen, Bezeichnungen wie Blendung, Gleichmäßigkeit der Beleuchtung, Geleuchtwirkungsgrad, Reflexionsgrad von Wänden usw. einheitlich zu definieren, um Mißverständnisse im zwischenstaatlichen Verkehr auszuschließen.

Die Fachgruppe für Spannungsschwankungen (Sekretariat Italien) stellte genaue Richtlinien auf, um sich in Zukunft unter Vermeidung von Unklarheiten diesem für elektrische Glüh- und Entladungslampen wichtigen Gebiet weitgehend widmen zu können. Vor allem soll eine Sammlung der durch Betriebsspannungen beeinflußten Kennlinien zusammengetragen werden.

In der Fachgruppe für Kinobeleuchtung (Sekretariat Deutschland) hielt man die Weiterführung der Arbeit hinsichtlich der Bildwandbeleuchtung und der Zuschauerraumbeleuchtung für zweckmäßig, wobei vor allem die Normung der Bildwandleuchtdichte weiter behandelt werden soll.

Die Fachgruppe für Bühnenbeleuchtung (Sekretariat England) gab dem Wunsche Ausdruck, sich auch künftighin durch Berichte untereinander vom Stand der Dinge zu unterrichten und für die nächste Zeit die Anwendung des Fluoreszenzlichtes näher zu untersuchen. Außerdem sollen die Beleuchtungsverfahren bei

Digitized by Google

der Filmaufnahme mit denen der Bühnenbeleuchtung verglichen werden.

Die arbeitsreichen Stunden wurden aufs angenehmste durch festliche Veranstaltungen, Besichtigungen und Ausflüge unterbrochen.

Auf der Schlußsitzung am 19. 6. 1939 übergab der Präsident der verflossenen Amtsperiode, Herr Professor Ch. Fabry, Frankreich, das Amt dem neu gewählten Präsidenten, Herrn Dr.-Ing. N. A. Halbertsma, Holland. Für die nächste Tagung 1942 wurde die IBK nach Frankreich eingeladen. Die in den Fachgruppensitzungen gefaßten Beschlüsse wurden genehmigt. Deutschland erhielt für die neue Periode vier Sekretariate, und zwar:

1. Farbmessung und künstliches Tageslicht,
2. natürliches Tageslicht,
3. Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse,
4. Kinobeleuchtung.

Der Tagesverlauf muß in seiner Gesamtheit, sowohl nach der fachlichen Seite als auch im Hinblick auf die reizvollen, vielseitigen Abwechslungen und nicht zum mindesten wegen des harmonischen persönlichen Verkehrs aller Teilnehmer untereinander als in jeder Weise geglückt bezeichnet werden. Die holländischen Gastgeber dürfen versichert sein, daß man dankbar und gern an die 10. Vollversammlung der IBK zurückdenken wird.

H.-J. Helwig DLTG.

Der Blitz und die elektrische Inneninstallation.

DK 621.316.98 : 621.316.1 : 551.594.2

Ch. Morel gibt eine Übersicht[1]) über die in der Schweiz festgestellten Blitzschlagschäden an Gebäuden und untersucht insbesondere diejenigen Fälle, wo Blitzentladungen über das elektrische Freileitungsnetz und die elektrische Inneninstallation erfolgten. Danach hat der Blitz in den Jahren 1925 bis 1936 in den 18 Kantonen, die der statistischen Erhebung zugrunde gelegt sind, in 6301 Gebäuden gezündet und einen Immobilienschaden von 2 828 842 RM verursacht[2]). Der prozentuale Schaden beträgt nach Aufstellung der Versicherungsgesellschaften 2,6‰ des versicherten Wertes bei Gebäuden ohne Blitzableiter, 2,5‰ bei Anwesen mit Blitzschutz. Die Anbringung eines Blitzableiters scheint demnach den Schadensanfall nicht zu beeinflussen, was darauf zurückzuführen sein dürfte, daß die durch Blitzschlag hervorgerufenen Überspannungen sehr häufig über das elektrische Freileitungsnetz in das Gebäudeinnere gelangen, ohne von einem allenfalls vorhandenen Blitzableiter beeinflußt zu werden. Bei den angeführten Hundertsätzen darf zudem nicht außer acht gelassen werden, daß nicht sämtliche Blitzschäden erfaßt wurden, sondern nur diejenigen Gebäude, welche versichert waren.

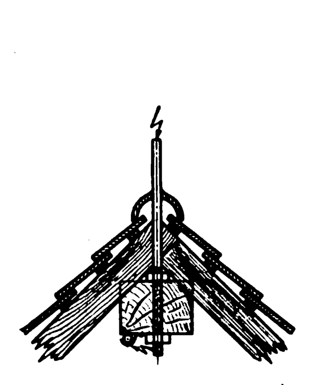


Abb. 1. Rückzündung: Blitzableiter–elektrische Inneninstallation.

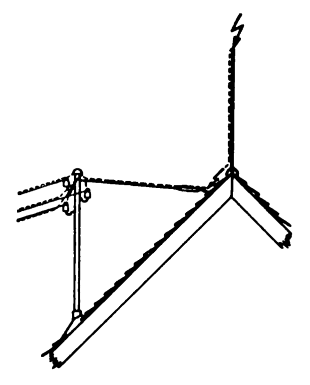


Abb. 2. Rückzündung: Blitzableiter–Freileitungsnetz.

Weiterhin werden noch diejenigen Fälle angeführt, wo zwar die Blitzentladung über den Blitzableiter ging, von diesem aber dann eine Rückzündung auf die elektrische Inneninstallation stattfand.

In unmittelbarer Nähe der Blitzableiter-Auffangstange ist längs des Firstbalkens eine elektrische Leitung in verbleitem Eisenrohr geführt (Abb. 1). Das Dachständerrohr der elektrischen Hauseinführung ist mit dem Blitzableiter (vermutlich durch Blechabdeckung) oder Abspannanker leitend verbunden (Abb. 2).

In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich um elektrische Ausgleichvorgänge, deren Strombahn nicht genau feststellbar ist. Als Verhütungsmaßnahme wird die Vorschaltung einer kurzen Kabelstrecke und der Einbau elektrischer Überspannungsableiter empfohlen.

In der anschließenden Aussprache, an der sich A. Roth, M. Ch. Degoumois und K. Berger beteiligten, wurden noch einige interessante Probleme über Erdung von Blitzschutzeinrichtungen und elektrischen Leitungsanlagen erörtert:

1. Der Erdübergangswiderstand und die Wellenimpedanz der Erdleitung sollen möglichst niedrige Werte aufweisen.
2. Zur Erzielung gleichen Erdpotentials soll eine Verbindung der Blitzschutzleitung mit sämtlichen größeren metallischen Leitern eines Gebäudes, wie Wasserleitung, Konstruktionseisen usw., hergestellt werden.
3. Die Überspannungsableiter zum Schutze der elektrischen Leitungen sollen nach Vorschlag von Roth am besten an dem zu schützenden Gebäude unmittelbar eingebaut und die Ableitung mit dem Blitzableiter verbunden werden. Allerdings hat Roth bezüglich dieser Anordnung selbst Bedenken für den Fall eines nicht selbständigen Löschens der Ableiter nach dem Ansprechen.

Nach Ansicht des Berichterstatters erscheint die Nullung des Dachständerrohres unter gleichzeitiger Verbindung mit dem Blitzableiter zur Vermeidung von Rückzündungen als dringend geboten; allerdings ist hierfür Voraussetzung, daß dies im Hinblick auf die Betriebsverhältnisse des Netzes zulässig ist. Dagegen halte ich die Verbindung der Ableitung der elektrischen Überspannungsschutzeinrichtungen unmittelbar mit dem Blitzableiter selbst wegen Rückzündungsgefahr und der von Roth selbst geäußerten Bedenken nicht für angezeigt; vielmehr dürfte der Einbau der Ableiter an dem dem zu schützenden Gebäude zunächst liegenden Mast der Freileitung mit eigener Erdung eine einwandfreie Lösung darstellen.

Bezüglich des Blitzschutzes für Gebäude im allgemeinen sind drei wesentliche Punkte zu berücksichtigen.

1. Schutzbereich des Blitzableiters; bezüglich des sog. Schutzraumes und der sich hieraus ergebenden Folgerungen für den Blitzableiterbau sei auf die jüngsten Untersuchungsergebnisse von Schwaiger[3]) verwiesen.
2. Ableitung der am Blitzableiter auftretenden atmosphärischen Entladungen. Da es sich hier um gleichliegende Verhältnisse wie in der Hochspannungstechnik handelt, sei auf die entsprechenden Verbandsvorschriften über Schutzerdung verwiesen, ferner auf die Veröffentlichungen des Ausschusses für Blitzableiterbau[4]).
3. Schutz der elektrischen Inneninstallation durch entsprechende Anordnung von Überspannungsableitern und sonstige Nullungsmaßnahmen. *O. Schr.*

[1]) Ch. Morel, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 13.
[2]) 100 RM = 178,50 Schweiz. Fr.

[3]) A. Schwaiger, Der Schutzbereich von Blitzableitern; R. Oldenbourg, Berlin 1938.
[4]) Blitzschutz, herausgegeben vom Ausschuß für Blitzableiterbau; Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1937.

Digitized by Google

Der Kurzwellen-Rundfunksender in Daventry.

DK 621.396.615.029.58(41)

Die Verfasser geben eine ausführliche Darstellung*) der Entwicklung des englischen Kurzwellenrundfunks von seinen ersten Anfängen im Jahre 1927 bis zur Gegenwart. Auf Grund der auf etwa 12 MHz von Chelmsford durchgeführten Vorversuche wurde im Jahre 1932 die erste „Empire Broadcasting Station“ mit zwei Kurzwellensendern von je 10 bis 15 kW Leistung bei der längsten Welle (49 m) in Betrieb genommen. Es wurden fünf Strahlrichtungen vorgesehen, bei einigen Strahlrichtungen mehrere Antennen für verschiedene Wellen, dazu sechs Rundstrahler für die sechs in Frage kommenden Wellenbänder. Im nächsten Abschnitt behandeln die Verfasser die Betriebsabwicklung dieser Sendestelle und die Auswertung der Empfangsbeobachtungen sowie die sich daraus ergebenden Schlüsse betreffs Gestaltung der Antennensysteme. Diese führten zum Bau von Richtstrahlern von 36° Öffnungswinkel (6 db Abfall bei 18° von der Mittellinie) sowie von 68° Öffnungswinkel für einige besondere Zwecke. Die Verkleinerung der Abstrahlwinkel brachte die Vermehrung der Richtstrahler und Neueinteilung der Zonen mit sich, wie im folgenden Abschnitt der Originalarbeit beschrieben wird. Es wird dann auf die Zahl der Sender eingegangen, die im Zusammenhang mit der Zahl der Strahlrichtungen vergrößert werden mußte. Zur gleichzeitigen Versorgung aller Richtungen wären neun Sender erforderlich, für den praktischen Dienst hielt aber die British Broadcasting Co. sechs Sender für ausreichend, diese wurden im Mai 1937 anläßlich der Krönungsfeierlichkeiten in Dienst gestellt. Bald darauf wurden zwei weitere Sender gebaut, um auch die von der BBC neu aufgenommenen fremdsprachigen Sendefolgen abwickeln zu können. Diese neuesten Sender sind für eine Trägerleistung von 100 kW bei einem Wellenbereich von 80 bis 13,9 m ausgelegt. Sie werden zunächst nur mit 50 kW betrieben. Antennen und Energieleitungen sind bereits so bemessen, daß sie später 100 kW im ganzen vorgesehenen Wellenbereich aufzunehmen vermögen.

In einem weiteren Abschnitt sind Versuche mit verschiedenen Antennenformen (verschiedene Dipolzahlen neben- und übereinander, verschiedene Höhe über Erde) ausführlich beschrieben und die Strahlungsdiagramme erörtert. Diese sind in eben abgewickelten Kugelkoordinaten dargestellt. Die konstruktive Ausführung der Energieleitungen ist interessant, da diese wesentlich von den bei uns üblichen abweichen. Es werden folgende Formen besprochen:

1. offene Lecherleitungen und Vierdrahtleitungen,
2. konzentrische Rohrleitungen,
3. Busbarleitungen.

Die Zweidraht-(Lecher-)Leitung wird als einfach in Bau und Instandhaltung bezeichnet. Umschalteinrichtungen sind leicht herzustellen. Als nachteilig wird angegeben, daß sie von Witterungseinflüssen stark abhängt und bei mangelhafter Symmetrierung strahlt.

Die konzentrische Energieleitung hat keinen dieser Nachteile; sie ist elektrisch das einwandfreieste Übertragungsmittel. Nachteilig ist ihr hoher Preis, ihre schwierige Instandsetzung und Umschaltung.

Eine Versuchsstrecke Busbarleitung, bestehend aus 50 mm breiten U-Schienen in 40 mm Abstand, wurde erprobt und an sich einwandfrei befunden. Ihr Wellenwiderstand betrug $Z = 275\,\Omega$. Für den praktischen Gebrauch erwies sie sich aber als ungeeignet, weil bei dem geringen Zwischenraum Insekten und Vögel Überschläge verursachten; auch bei Schnee war sie unbrauchbar.

Für den praktischen Betrieb wurden daher zunächst Zweidrahtleitungen mit 300 mm Abstand zwischen den Leitern in 3 m Bauhöhe über Erde vorgesehen. Diese vermochten 60 kW Trägerleistung mit $m = 100\,\%$ ohne Sprühen aufzunehmen, zeigten jedoch starke Schwankungen des Wellenwiderstandes, der rechnungsmäßig 580 Ω betrug, innerhalb des Wellenbereichs. Diese Schwankungen werden auf die Wirkung der konzentrierten Kapazitäten der Knüppelisolatoren nebst Sprühringen zurückgeführt. Dagegen war der Verlust bei 18 MHz und 1 km Länge(!) nur 33 %. Inzwischen wurden Versuche mit Vierdrahtleitungen mit Kreuzungsausgleich angestellt. Bei gleichem Leiterabstand betrug hier der Wellenwiderstand über den ganzen Bereich ziemlich gleichbleibend 320 Ω. Der verminderte Wellenwiderstand bei gleichem Mindestabstand der Leiter hatte eine beträchtlich erhöhte Spannungssicherheit zur Folge, so daß diese Energieleitung betriebssicher 100 kW-Träger bei $m = 100\,\%$ zu übertragen vermag.

In weiteren Unterabschnitten ist die Anpassung und Speisung der Antennen beschrieben; bemerkenswert sind dabei die Richtstrahler, deren Strahlrichtung durch ungleichphasige Speisung der nebeneinanderliegenden Dipolgruppen innerhalb eines gewissen Bereichs geschwenkt werden kann. Für die täglichen Umschaltungen genügt eine Auswahl von je 4 bis 6 Antennen je Sender, während jahreszeitlich bedingt größere Umgruppierungen stattfinden müssen. Daher wurde jedem Sender eine Umschaltvorrichtung für sechs Antennen zugeordnet und zwischen Umschalteinrichtung und abgehende Energieleitungen zu den Antennen ein Zwischenverteiler (ähnlich wie im Fernsprechamtsbau) für die Energieleitungen eingeschaltet.

Die Umschalter liegen im Freien und werden von Hand bedient; sie bestehen aus Drahtleitungen, die in Haken enden, welche in Ösen eingehängt und dann durch Seil und Winde angespannt werden, wodurch ein erheblicher Kontaktdruck entsteht. Irgendwelche Kontaktschwierigkeiten sollen bei dieser Ausführung auch bei 100 kW übertragener Leistung noch nicht entstanden sein.

Bemerkenswert ist der elf Seiten und vier ganzseitige Abbildungen umfassende Abschnitt über die Technik der Sender selbst, der bemerkenswerte bauliche und schalttechnische Einzelheiten enthält.

Die technischen Grundanforderungen, die bei Ausschreibung der neueren Sender gestellt wurden, waren:

1. Wellenbereich 13,5 bis 80 m,
2. rascher Wellenwechsel mit möglichst wenigen Einstellungen,
3. schnellster Wechsel zwischen jeweils vier vorausbestimmten Wellen je Sender,
4. unmodulierte Trägerleistung 80 bis 100 kW, je nach Welle,
5. Frequenzgenauigkeit mindestens 10^{-5} bei selbsterregtem Betrieb mit einer über den ganzen Wellenbereich kontinuierlich verstellbaren Steuerstufe.

a) Der 100 kW-Sender.

Er gibt maximal eine unmodulierte Trägerleistung von 100 kW an die Energieleitung ab bei Wellen zwischen 30 und 80 m. Unter 30 m fällt die Leistung allmählich ab, beträgt aber bei 13,5 m noch 75 kW. Der Sender hat Anodenmodelung in der Endstufe, und zwar in der seltener angewandten Form der Vorröhren- oder Serienmodelung. Die Vervielfachungsstufen und die Verstärkerstufen geringer und mittlerer Leistung enthalten je vier getrennte Schwingkreise, so daß vier Arbeitswellen je Sender voreingestellt werden können. Für die Hochleistungsstufen sind die Schwingkreise auf Wagen aufgebaut, die in Schienen laufen. Für jeden der vier Wellenbänder, auf denen der Sender arbeiten soll, ist ein solcher Schwingkreiswagen vorgesehen; durch Vermehrung der Zahl der Schwingkreiswagen kann die Zahl der vorbereiteten Wellen je Sender vergrößert werden. Eine Belegung des Schwingkreiskondensators ist starr mit den Anoden der Röhren verbunden, während die andere zum Abstimmwagen gehört. Letztere ist beweglich und wird von einem

*) L. W. Hayes u. B. N. Mac-Larty, J. Instn. electr. Engrs. (1939) Vorabdruck; 40 S., 31 Abb.

Digitized by Google

Handrad an der Sendervorderwand hydraulisch betätigt, desgl. die Einstellung der Neutrokapazität. Wie die in der Arbeit wiedergegebenen Bilder zeigen, enthält der kapazitive Zweig des Anodenschwingkreises der Endstufe praktisch keinerlei Leitungsführung, die induktiv wirken könnte. Die Gefahr der Erregung von Schwingkreisteilen in Oberwellen dürfte damit auf ein Minimum vermindert sein. Die hydraulische Betätigung der Abstimmorgane hat den Vorteil, daß der elektrische Aufbau der Stufe in keiner Weise von der handlichen Anbringung der Abstimmgriffe beeinflußt zu werden braucht und der Antrieb im Gegensatz zu längeren Kettentrieben frei von totem Gang ist.

Die Vorröhrenmodelung hat den Vorteil, daß der Hochfrequenzteil möglichst einfach gestaltet werden kann, verlegt aber die Schwierigkeit in die Modelstufe, die sich auf Hochspannungspotential gegen Erde befindet. Die Gesamtanodenspannung von Endstufe und Modelstufe zusammen beträgt 22 kV.

Die Steuerung des Senders erfolgt durch einen Quarzvorsatz, der 11 Quarze für die Betriebswellen enthält. Der Sender besitzt vier getrennte Vervielfacher- und Trennstufengestelle, die auf die vier Betriebswellen des Senders abgestimmt sind, ferner ein fünftes kontinuierlich abstimmbares Vorstufengestell für das Arbeiten mit der selbsterregten Steuerstufe.

Der Zugang zu den Senderstufen ist mit mechanischer Verriegelung und elektrischer Blockierung gesichert.

b) Die beiden 80 kW-Sender.

Diese beiden Sender sind für 80 kW Trägerleistung zwischen 30 und 80 m ausgelegt. Unterhalb 30 m fällt die Leistung ab bis auf rd. 50 kW bei 13,5 m. Die Sender sind mit B-Modelung in der Endstufe ausgerüstet. Die Schwingkreise für die jeweils vorgesehenen Betriebswellen eines Senders sind bei der Endstufe und der vorletzten Stufe auf Drehscheiben aufgebaut, um schnellen Wellenwechsel zu ermöglichen.

Die Endstufenschaltung wird als „Serienschaltung“ (series-connected) bezeichnet. Die Gitter der Gegentaktendstufe liegen hochfrequenzmäßig an Erde, während die Steuerspannung den Kathoden der Endstufe zugeführt wird.

Der Steuerkreis der Endstufe ist mit deren Anodenschwingkreis kapazitiv gekoppelt. Als Vorteile der Schaltung werden folgende angegeben:

1. Hochfrequente Gegenkopplung, hierdurch und durch die Schirmwirkung der hochfrequenzmäßig geerdeten Gitter ist keine Neutralisierung nötig.
2. Der Fortfall der Neutrokondensatoren vermindert deren zusätzliche Kapazität zur Schwingkreiskapazität, die sich bei Kurzwellenschwingkreisen durch ihren starken Einfluß auf die Abstimmung unangenehm bemerkbar macht. Dagegen bildet die unvermeidliche Gitteranodenkapazität einfach einen Teil der Schwingkreiskapazität.
3. Die Vorstufenleistung wird zum Teil auch mit in den Ausgangskreis übertragen, was dem Gesamtwirkungsgrad des Senders zugute kommt. Selbstverständlich muß dann auch die Vorstufe mit gemodelt werden. Das ist aber bei Anodenmodelung nicht schwer, indem die Modelspannung, die vom B-Verstärker kommt, der gemeinsamen Anodenspannung beider Stufen zugeführt wird.

   Der Gesamtwirkungsgrad des Senders wird mit 33 % im ungemodelten Zustand angegeben, was ungewöhnlich hoch ist für einen Kurzwellensender; für den 100 kW-Sender wird bei einem Endstufenwirkungsgrad von 64 % ein Gesamtwirkungsgrad von 18,3 % angegeben.

Wichtig erscheint noch, daß die Drehscheibenanordnung der Endstufenschwingkreise es ermöglicht, eingebaute Ersatzröhren vorzusehen, was sich sonst bei Kurzwellensendern als unmöglich erwiesen hat.

c) Allgemeines.

Bemerkenswert ist, daß beide Senderbauarten in der Endstufe nur zwei Röhren im Gegentakt benutzen, woraus auf Röhren geschlossen werden muß, die im Kurzwellengebiet 75 bis 100 kW Oberstrichleistung abzugeben vermögen.

Die Hochspannung von 14 bis 22 kV wird von — anscheinend ungesteuerten — Eisengleichrichtern geliefert.

Im Laufe des Ausbaues der Anlage ist man dazu übergegangen, die Betriebs- und Ersatzquarzsteuergeräte der 80 kW-Sender, die je 11 Quarze mit den zugehörigen Röhrenstufen in einem Thermostaten enthalten, als Quarzsteuerzentrale auszubauen, von der aus alle vorhandenen Sender gesteuert werden können.

Auf die Vervielfachungsstufen folgen Trennstufen, die es ermöglichen, bis zu vier Sender von einem Quarz aus gleichzeitig (gleichwellenmäßig) zu steuern.

Die Umspannstation des Senders ist an eine Ringleitung des 11 kV-Hochspannungsnetzes zweiseitig angeschlossen. Außerdem ist eine Ersatzstromanlage vorhanden, die aus zwei 500 kW-Diesel-Stromerzeugern besteht, bei völligem Netzausfall also nur einen Teilbetrieb der Senderanlage gestattet. Auf die angegebenen Einzelheiten der Stromerzeuger und ihrer Reglereigenschaften einzugehen, die bei den Sendern mit B-Modelung wegen der raschen Leistungsschwankungen von größter Wichtigkeit sind, erübrigt sich an dieser Stelle; auch soll auf die Schlußabschnitte über Empfangsbeobachtungen und Entwicklung des Rundfunkdienstes in den Kurzwellenbändern nicht näher eingegangen werden.

Fr. Ellrodt.

Unfallverhütung beim Entwurf von Schaltanlagen.

DK 621.316.318 : 614.8

Der Aufsatz[1]) befaßt sich im wesentlichen mit der Entwicklung neuer Blindschaltbilder für amerikanische Schaltwarten, die es dem Bedienungspersonal ermöglichen sollen, für plötzlich notwendig werdende Schalthandlungen schneller und leichter Entschlüsse zu fassen. Der Verfasser verwendet dabei psychologische Grundsätze, die sich zur Gefahrenkennzeichnung im Kraftwagenverkehr bereits bewährt haben, wo es auch darauf ankommt, daß eine unerwartet und plötzlich auftretende Gefahr sofort sicher erkannt und richtig eingeschätzt werden kann, wenn sie erfolgreich überwunden werden soll.

Es ist nun sehr interessant, daß dieser Technopsychologe ein Blindschaltbild vorschlägt, welches im wesentlichen den in Deutschland bereits seit langem eingeführten Blindschaltbildern mit Steuerquittungsschaltern und Vorwahlstellung sehr ähnlich ist. Es werden im Zuge des Blindschaltbildes Betätigungsschalter mit Knebellampen und Vorwahlstellung vorgeschlagen, die aber entsprechend den Verkehrslampen in zwei Farben leuchten, und zwar in der „Ein“-Stellung „rot“ und in der „Aus“-Stellung „grün“. Dies bedingt, im Gegensatz zum deutschen System, zwei Lampen, eine grüne und eine rote im Knebel des Betätigungsschalters. Außerdem ist noch nicht an die Störstellung gedacht, die bei den deutschen Blindschaltbildern durch das Blinken des Knebellichtes angezeigt wird. Der Verfasser, der in der Hauptsache Psychologe zu sein scheint, ist sich aber der auffallenden Wirkung des bewegten Lichtes, also des Blinkens durchaus bewußt und schlägt die Verwendung des Blinklichtes für Schaltanlagen allgemein vor, wenn er auch noch keine technische Erklärung dafür angibt.

Es folgen noch einige Beispiele über die verschieden gute Lesbarkeit von mehreren Buchstaben und Zahlen in verschiedenen Anordnungen. Das deutsche Blindschaltbild, besonders in Verbindung mit Schaltfehlerschutzeinrichtungen, stellt zweifellos eine bereits vollkommenere Verwirklichung dieses amerikanischen Vorschlages dar. Es sind in dem Aufsatz viele interessante psychologische Überlegungen, Beobachtungen und Hinweise vom Gesichtspunkt der sofortigen richtigen Einschätzung der Gefahr enthalten, die sicher auch für andere Schaltanlagengebiete verwendet werden können. *Str.*

[1]) Morrie S. Viteles, Edison electr. Inst. Bull. 7 (1939) S. 101.

FÜR DEN JUNGINGENIEUR.

Der Trockengleichrichter und seine Eigenschaften.

Von E. Siebert, Berlin.

DK 621.314.63

Übersicht. Der Aufbau und die Herstellung des Trockengleichrichters sowie seine Eigenschaften werden beschrieben. Eine Reihe von Kennlinien wird gebracht und über das Verhalten im langjährigen Dauerbetrieb berichtet.

Die Trockengleichrichter sind in den letzten Jahren das beherrschende Mittel zur Gleichrichtung von Wechselstrom kleiner und mittlerer Leistung auf vielen Gebieten der Elektrotechnik geworden.

Die zur Zeit wichtigsten Trockengleichrichter sind der Kupferoxydul- und der Selengleichrichter. Der Kupfersulfidgleichrichter hat keine Bedeutung erlangen können, weil er inkonstant ist, eine kurze Lebensdauer aufweist und mit schlechtem Wirkungsgrad arbeitet. Von den weiteren Betrachtungen sei er daher hier ausgeschlossen.

Aufbau und Herstellung der Trockengleichrichter.

Das Grundelement des Trockengleichrichters ist die Gleichrichterscheibe, die in der einen Richtung, der sog. Sperrichtung, eine bestimmte maximale Spannung zu sperren vermag und in der anderen Richtung, der sog. Durchlaßrichtung, je nach Größe der wirksamen Fläche und Güte der Kühlung eine bestimmte Strombelastung zuläßt.

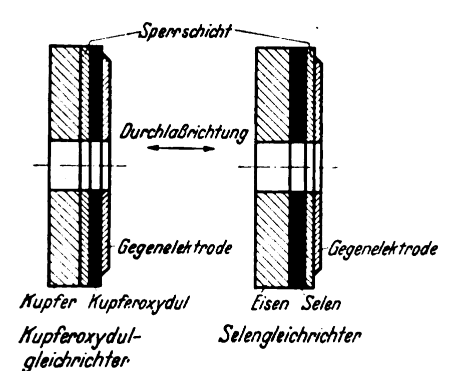


Abb. 1. Schematischer Aufbau einer Kupferoxydul- und einer Selengleichrichterscheibe.

Der Aufbau der Kupferoxydul- und der Selengleichrichterscheiben ist physikalisch ähnlich, äußerlich aber insofern verschieden, als bei Kupferoxydul die Trägerelektrode auf der Sperrschichtseite, bei Selen aber auf der Halbleiterseite liegt, Abb. 1. Die Schichtungsfolge ist also: Elektrode-Halbleiter-Sperrschicht-Elektrode. Der Widerstand der Scheiben setzt sich aus dem Kontaktwiderstand zwischen Elektrode und Halbleiter, dem Bahnwiderstand des Halbleiters und dem unipolaren Sperrschichtwiderstand zusammen. Die Sperrschicht ist eine dünne Schicht (rd. 10^{-5} cm) sehr hohen Widerstandes, die allein für den Sperrwiderstand bestimmend ist, während für den Durchlaßwiderstand Bahn- und Kontaktwiderstand mit von Einfluß sind. Die Elektrodenwiderstände können vernachlässigt werden. Der Widerstand ist in Richtung vom Halbleiter zur Sperrschicht gering, umgekehrt groß. Die Tatsache der unipolaren Leitfähigkeit hat bis jetzt noch keine befriedigende Deutung gefunden. Auf die Theorie der Gleichrichterwirkung sei daher hier nicht näher eingegangen, sondern nur so viel angedeutet, daß offenbar ein Feldstärkeneffekt die Gleichrichterwirkung bedingt, der durch unsymmetrischen Aufbau der Sperrschicht gegeben ist.

Die Herstellung der Trockengleichrichter setzt ein großes Maß von Erfahrung und außerordentliche Sorgfalt in der Fabrikation und bei der Werkstoffauswahl voraus.

Bei Kupferoxydulgleichrichtern erfolgt die Erzeugung der Oxydulschicht nebst Sperrschicht durch thermische Oxydation. Je nach den erwünschten Eigenschaften der

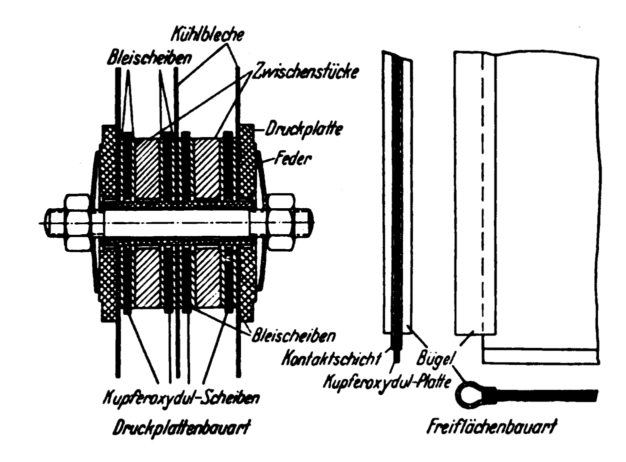


Abb. 2. Kupferoxydulgleichrichter.

Gleichrichterscheibe kommen verschiedene Glühverfahren zur Anwendung. Die Scheiben werden zunächst eine bestimmte Zeit einer Temperatur von etwa 1000 °C ausgesetzt, dann auf etwa die halbe Temperatur abgekühlt und schließlich mehr oder minder verzögert in verschiedenen Medien abgeschreckt. Die sich bei der Herstellung bildende Haut schlecht leitenden Oxydes wird nachträglich chemisch entfernt. Sodann wird die Oxyduloberfläche zur Verbesserung des Kontaktes mit einer Graphitschicht, neuerdings zum Teil auch mit einer Silberschicht versehen. Je nach der Herstellung vermögen die Scheiben Spannungen von 5 bis 20 V als Gleichrichter dauernd zu sperren. Da die Belastbarkeit der Scheiben durch die Verlustwärme begrenzt wird, sind die Scheiben hoher Sperrfähigkeit strommäßig nicht so hoch belastbar wie die niedersperrenden Scheiben. Für die meisten Anwendungsgebiete ist die niedersperrende Scheibe vorteilhafter; sie wird daher auch in bei weitem überwiegender Zahl hergestellt.

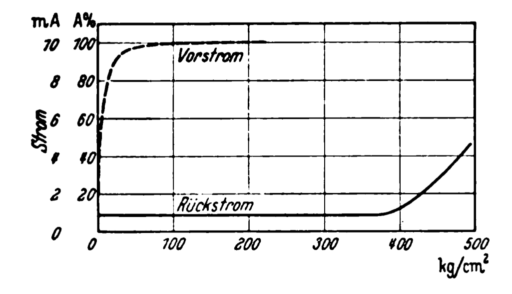
Beim Selengleichrichter wird das besonders vorbereitete Selen auf die aufgerauhte Trägerelektrode in einer dünnen gleichmäßigen Schicht aufgeschmolzen. Es befindet sich hiernach in der nichtleitenden metalloiden Modifikation. Durch eine thermische Behandlung wird es in die metallische leitende Modifikation umgewandelt. Sodann wird auf die Selenoberfläche die aus einer Sonderlegierung bestehende Gegenelektrode zumeist aufgespritzt. Ihre Gleichrichterwirkung erhält die Scheibe erst durch elektrische Formierung, indem sie in Sperrichtung beansprucht wird. Während die Halbleiterschicht aus Selen der leitenden Modifikation besteht, baut sich die Sperrschicht offenbar aus nicht leitendem amorphen Selen oder einer Selenverbindung auf, wobei gewisse Zusätze zum Selen mit von Einfluß sein mögen.

Digitized by Google

Die Gleichrichterscheiben werden zu Gleichrichtersäulen zusammengebaut. Die Scheibenzahl richtet sich nach der benötigten Spannung und bei größeren Stromstärken, die Parallelschaltungen erfordern, auch nach der Stromstärke. Man unterscheidet zwei Bauarten: Die Druckplattenbauart und die Freiflächenbauart (Abb. 2).

Bei der Freiflächenbauart werden die Kupferoxydulgleichrichter beidseitig, die Selengleichrichter bisher einseitig ausgenutzt. Die metallische Kontaktschicht wird durch Aufspritzen mit der Scheibe fest verbunden und die Stromableitung erfolgt über federnd aufliegende Stromabnehmer. Die Scheiben werden mit Abstand auf Bolzen gereiht, so daß die Flächen frei bleiben. Die Freiflächenbauart wird bei Selengleichrichtern fast ausschließlich, bei Kupferoxydulgleichrichtern nur für größere Stromstärken angewandt.

Bei der Druckplattenbauart der Kupferoxydulgleichrichter werden die einseitig oxydierten Scheiben auf isolierte Bolzen meist unter Zwischenschaltung von Kühlscheiben und Zwischenstücken, die ebenfalls der Verbesserung der Kühlung dienen, aufgereiht. Zum Druckausgleich und um einen guten Kontakt zu erzielen, werden auch Bleischeiben eingelegt. Die an den Säulenenden angeordneten Federscheiben sichern einen guten dauerhaften Kontaktdruck. Die Verschraubung erfolgt mit einem nach beiden Richtungen begrenzten Druck. Die untere Druckgrenze, die einen einwandfreien Kontakt ergibt, ist mit dem Mindestdruck gegeben, der die Verdrehungssicherheit



Vorstrom in A
Rückstrom in mA

Abb. 3. Druckabhängigkeit des Vor- und Rückstromes bei Kupferoxydulgleichrichtern.

der Bauteile gewährleistet. Er beträgt rd. 100 kg/cm². Der zulässige Höchstdruck ist durch den kritischen Druck gegeben, der zur Zerstörung der Scheibe führt. Er beträgt rd. 360 bis 380 kg/cm². Der Verschraubungsdruck ist indessen bei weitem nicht so kritisch, wie meist angenommen wird.

Abb. 3 zeigt die Druckabhängigkeit, man sieht an der Vorstromkurve, daß der Kontakt bereits bei rd. 50 kg/cm² vollauf ausreichend ist, und aus der Rückstromkurve, daß eine Zerstörung bei rd. 380 kg/cm² einsetzt.

Die Druckplattenbauart stellt eine besonders robuste Bauart dar, bei der die Scheiben durch den völligen Einbau gut geschützt sind. Sie ist auf Scheibendurchmesser von maximal rd. 40 mm beschränkt geblieben, da sich mit größeren Druckflächen nur schwer gute Kontakte erzielen lassen.

Bei Selengleichrichtern wird die Druckplatte nur begrenzt, bei kleinen Gleichrichtern für Meßzwecke angewandt.

Trockengleichrichter-Kennlinien.

Der Verlauf der Kennlinie einer Gleichrichterscheibe ist aus Abb. 4 zu ersehen. In beiden Richtungen ist eine ausgesprochene Spannungsabhängigkeit vorhanden. Der Kurvenverlauf hat exponentiellen Charakter. Die Stromwerte sind auf die Flächeneinheit bezogen. Die mittlere*) Kurve entspricht dem Durchschnitt bei niedersperrenden Kupferoxydulgleichrichtern. Die obere Kurve deutet den noch erreichbaren Verlauf an. Die untere Kurve entspricht dem Durchschnitt bei Selengleichrichtern. Man sieht, daß der Kupferoxydulgleichrichter eher anspricht als der Selengleichrichter, dessen Kennlinie mehreren in Reihe geschalteten Kupferoxydulgleichrichtern entspricht. Er ist daher bei kleinsten Spannungen vorteilhafter anzuwenden als der Selengleichrichter. In der Sperrichtung entsprechen einer Selenscheibe ebenfalls mehrere in Reihe geschaltete Kupferoxydulscheiben. Praktisch wird die wirksame Fläche beim Selengleichrichter größer gehalten als beim Kupferoxydulgleichrichter der Standardtype, und zwar etwa im Verhältnis 3 : 2. Man benötigt bei Parallelschaltung etwa die doppelte, bei Reihenschaltung etwa die Hälfte der Scheiben, so daß die Gesamtscheibenzahl gleich ist.

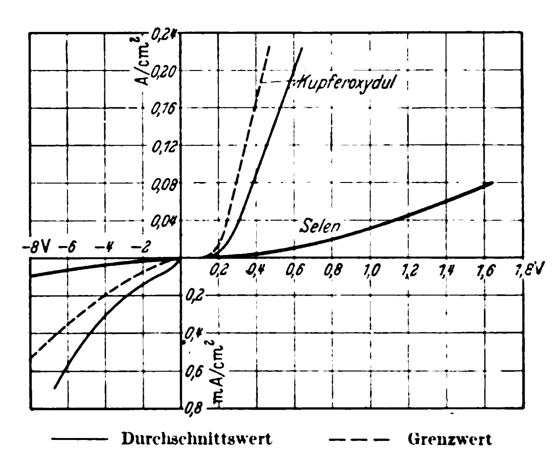


Abb. 4. Gleichstromkennlinien der Kupferoxydul- und der Selengleichrichterscheiben.

Die maximale Belastbarkeit ist mit der zulässigen Grenztemperatur, Sperrspannung und Durchschlagsicherheit gegeben. Man teilt die Vor- und Rückverluste zweckmäßig so auf, daß sich unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades ein Optimum ergibt. Die effektive Sperrspannung bei niedersperrenden Kupferoxydul-Gleichrichterscheiben beträgt 5 bis 8 V, die effektive Durchschlagspannung rd. 35 V bei kurzzeitiger Beanspruchung. Es ist also eine 4- bis 7fache Sicherheit gegenüber Überlastungsstößen vorhanden. Das trifft sowohl für hoch- als auch für niedersperrende Scheiben zu, da bei hoch-

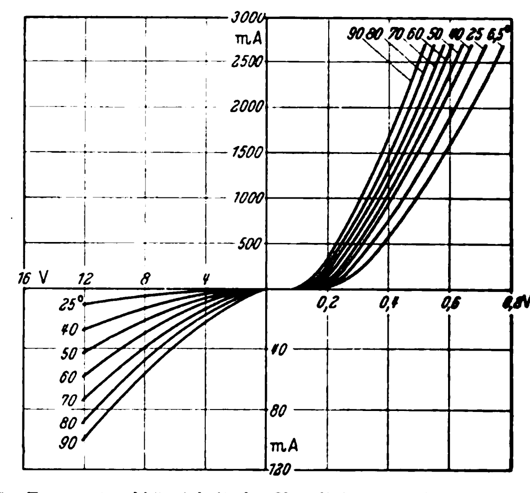


Abb. 5. Temperaturabhängigkeit der Kennlinie einer Kupferoxydulgleichrichter-Scheibe.

sperrenden Scheiben die Durchschlagspannung über 100 V liegt. Die Durchschlagspannung der Selengleichrichter liegt bei etwa 22 bis 35 V, die Sperrspannung bei 14 bis 18 V. Damit beträgt die Spannungssicherheit etwa das Anderthalb- bis Zweifache. Aus der Durchlaßkennlinie ist zu ersehen, daß der Gleichrichter nur bei höherer Aussteuerung gut ausgenutzt ist. In Anpassung der Gleichrichter an den jeweiligen Verwendungszweck ist daher auch eine Reihe von Gleichrichterscheiben verschiedener Größe durchgebildet worden, und zwar Tabletten ohne Loch von 1 bis 14 mm, Lochscheiben 20 und 40 mm und eine Freiflächenscheibe 300 × 81 mm. Das Verhältnis der

*) bezogen auf die Durchlaßrichtung.

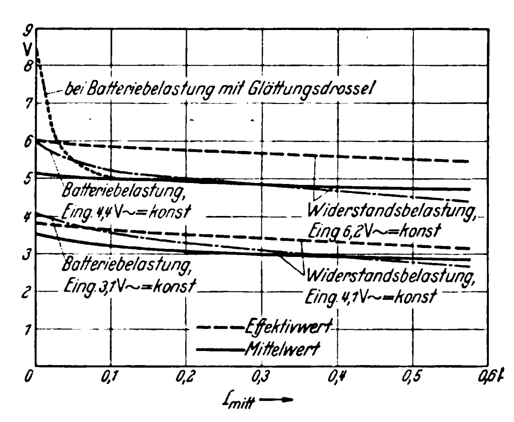
Digitized by Google

wirksamen Fläche der kleinsten zur größten Scheibe ist etwa wie 1 : 150 000. Die Belastbarkeit der kleinen Scheibe beträgt rd. 0,1 mA. Durch Parallelschaltungen der großen Scheibe sind bereits Gleichrichter bis 30 000 A gebaut worden. (Angaben gelten für Deutschland.)

Die 20 mm-Scheiben und die Tabletten werden häufig auch als hochsperrende Scheiben für 10 bis 20 V Sperrspannung ausgeführt. Die Kennlinie ist in diesem Falle der Kennlinie der Selengleichrichter ähnlich; d. h. der Widerstand ist in beiden Richtungen erheblich höher als bei den niedersperrenden Scheiben.

Die Kennlinien der Abb. 4 sind bei Raumtemperatur aufgenommen worden. Die Temperaturabhängigkeit ist indessen ziemlich groß (Abb. 5).

Der Temperaturkoeffizient ist in beiden Richtungen negativ und außerdem spannungsabhängig. Die Kupferoxydulgleichrichter sind so bemessen, daß durch die Temperatur bedingte Erhöhung der Sperrverluste durch den Rückgang der Durchlaßverluste weitgehend ausgeglichen wird. Da aber trotzdem bei gleicher Eingangsspannung der abgegebene Gleichstrom ansteigt, ist die angelegte Wechselspannung nur so hoch zu halten, daß bei der höchsten zu erwartenden Temperatur mit Sicherheit keine Überlastung eintritt. Das ist bei Batterieladungen besonders wichtig, da der Widerstand des Ladestromkreises praktisch allein durch den Gleichrichterwiderstand gegeben ist und somit große Änderungen möglich sind. Ähnliches gilt auch für den Selengleichrichter, obschon der Temperaturkoeffizient etwas kleiner ist und in Sperrichtung nicht ins Gewicht fällt.



Eing. bedeutet die am Gleichrichter liegende Eingangs-Wechselspannung
Die unteren drei Kurven gelten für geringere Spannungsausnutzung

Abb. 6. Belastungskennlinien eines Einphasen-Trockengleichrichters.

Über die einzelnen Gleichrichterschaltungen wird in einem folgenden Aufsatz noch berichtet werden[1]), so daß hier nicht näher darauf eingegangen wird.

Die Belastungskennlinien eines Einphasen-Trockengleichrichters sind in Abb. 6 zu sehen. Ihr Verlauf ist je nach der Belastungsart verschieden. Der Abfall der Spannung ist bei Batteriebelastung größer als bei Widerstandsbelastung. Die benötigte Wechselspannung ist bei Batterieladung um etwa ein Drittel kleiner als bei Widerstandsbelastung. Bei Ladung mit Glättungsdrossel verläuft die Kennlinie ähnlich wie bei Widerstandsbelastung, nur mit dem Unterschied eines starken Spannungsanstieges von kleiner Last zu Leerlauf. Der Effektivwert der Spannung ist bei Widerstandsbelastung gestrichelt angedeutet rd. 20 % höher als der Mittelwert. Man kann also für Strom und Spannung mit einem Formfaktor von rd. 1,2 rechnen. Bei Batterieladung ist die Spannung durch die Batteriegegenspannung gegeben. Der Formfaktor des Stromes, d. h. I_{eff}/I_{mit} liegt im normalen Belastungsbereich bei rd. 1,5 bis 1,6 und wird bei Unterlast noch größer. Es lassen sich somit zwei Wirkungsgrade definieren, je nachdem, ob man die der Gleichstromleistung überlagerte Wechselstromleistung als Nutzleistung ansieht oder nicht. In diesem Zusammenhang kann man von einem Wirkungsgrad des Gleichrichters bzw. der Gleichrichtung sprechen. Im Hinblick darauf, daß für die Gleichstromverbraucher in der Regel der Gleichstrommittelwert maßgebend ist, hat es sich eingebürgert, den Wirkungsgrad der Gleichrichtung, der sich aus den Mittelwerten errechnet, anzugeben, obwohl die Güte des Gleichrichters besser mit dem Gleichrichterwirkungsgrad definiert wäre, der sich aus den Effektivwerten ergibt. Abb. 7 zeigt neben den Kennlinien bei

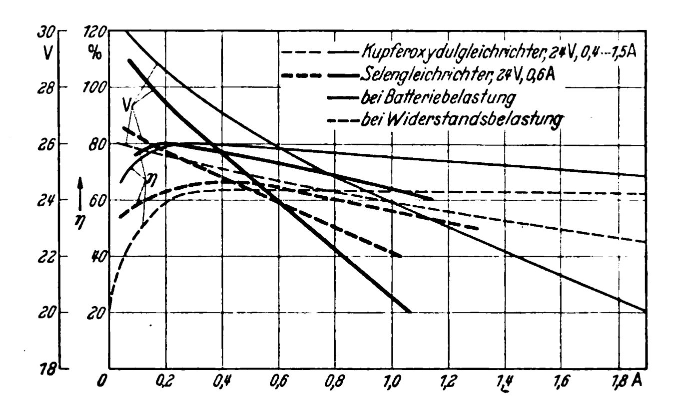


Abb. 7. Belastungskennlinien und Wirkungsgrad η eines einphasigen Kupferoxydul- und eines einphasigen Selengleichrichters.

Batterie und Widerstandsbelastung auch die Wirkungsgrade, die, wie üblich, durch Messung der Gleichstrommittelwerte ermittelt sind.

Wie die Kennlinie fällt der Wirkungsgrad bei Batteriebelastung stärker ab als bei Widerstandsbelastung. Dieser Wirkungsgrad der Gleichrichtung ist bei Widerstandsbelastung kleiner als bei Batteriebelastung. Der Wirkungsgrad des Gleichrichters hingegen würde einen Wert erreichen, der noch oberhalb dieses Batteriewirkungsgrades liegt. (Bei der Drehstrom-Grätzschaltung fallen diese Unterschiede zufolge der geringeren Welligkeit praktisch fort, und der Wirkungsgrad erreicht Werte bis zu etwa 85 %.)

Zum Vergleich sind hier die Kennlinien eines Kupferoxydul- und eines Selengleichrichters eingetragen. Die Scheiben des Kupferoxydulgleichrichters haben eine wirksame Fläche von 8 cm², die des Selengleichrichters von 11,5 cm². Die Nennstromstärke der Selengleichrichter beträgt 0,6 A. Eine viel höhere Ausnutzung ist auch nicht vorteilhaft, weil der Wirkungsgrad abfällt. Man verwendet diese Größe daher auch nur mit der natürlichen Kühlfläche in der Freiflächenbauart. Die Nennstromstärke des Kupferoxydulgleichrichters ist mit 0,4 bis 1,5 A angegeben. Das soll besagen, daß ein und dieselbe Scheibengröße je nach Güte der Kühlung für verschiedene Leistungen benutzt wird. Der flache Verlauf der Wirkungsgrad-Kennlinie läßt das ohne weiteres zu. Die unterschiedliche Kühlung wird bei der Druckplattenbauart erreicht durch verschieden große Kühlbleche und verschiedene Scheibenabstände.

Im Laufe der Entwicklung konnte durch gut gekühlten Aufbau eine Leistungssteigerung auf das 7,4fache erzielt werden[2]). Mit dieser Leistungssteigerung ist die wirtschaftliche Grenze bei Selbstkühlung praktisch erreicht. Bei Anwendung von Lüfterkühlung ist noch eine Steigerung auf das 13,5fache möglich. Raumbedarf und Gewicht der Gleichrichtersäulen betragen nur noch etwa 15 % des ursprünglichen Wertes.

Ähnlich wie bei der Druckplattenbauart wird auch bei der Freiflächenbauart durch Fremdbelüftung eine Leistungssteigerung erzielt, die etwa das Dreifache gegenüber der selbstbelüfteten optimalen Ausnutzung beträgt.

[1]) Siehe O. Werner, erscheint demnächst an dieser Stelle.

[2]) K. Baudisch, ETZ 55 (1934) S. 208.

Digitized by Google

Wie sich der Übergang von der Selbst- zur Fremdbelüftung an den fertigen Geräten auswirkt, ist an der Abb. 8 zu erkennen.

Abb. 8 zeigt links einen Gleichrichter für 18 A, 40 V der Druckplattenbauart. Das Gehäuse ist ziemlich breit und wird zum größten Teil durch das Säulenpaket ausgefüllt. Rechts ist ein Gleichrichter für die doppelte Leistung 20 A, 80 V mit Fremdbelüftung abgebildet, der zudem noch etwas kleiner ist. Das Gleichrichtersäulenpaket nimmt nur einen kleinen Teil des Gehäuses in Anspruch.

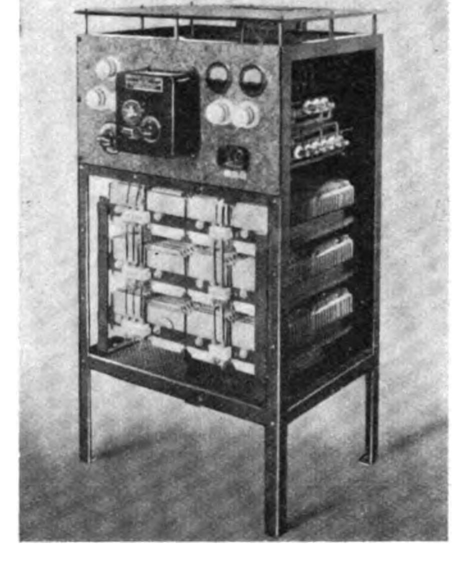


Abb. 8. Links: Kupferoxydulgleichrichter für 18 A, 40 V, selbstgekühlt. Rechts: Kupferoxydulgleichrichter für 20 A, 80 V, mit Lüfterkühlung.

Abb. 9 zeigt schließlich einen belüfteten Gleichrichter der Freiflächenbauart für 3 V, 5000 A. Das Säulenpaket wird bei so großen Leistungen für sich in ein oder auch mehrere Gehäuse eingebaut. Fremdbelüftung wird natürlich nur für größere Leistungen genommen (ab etwa 1 kW) und für Dauerlast. Bei aussetzendem Betrieb mit kurzen Einschaltzeiten ist eine Vergrößerung der Kühlung von untergeordneter Bedeutung. Man arbeitet hierbei vorteilhaft mit größerer Wärmekapazität der Gleichrichter, wie das bei der Druckplattenbauart mit metallischen Zwischenstücken der Fall ist.

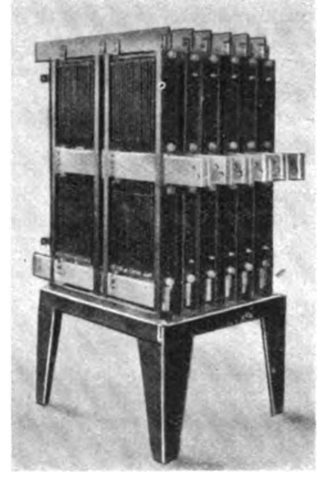


Abb. 9. Kupferoxydulgleichrichter für 3 V, 5000 A, mit Lüfterkühlung.

Abb. 10 zeigt die Belastbarkeit der Kupferoxydulgleichrichter bei aussetzendem Betrieb. Eine Grenze in der Strombelastbarkeit ist zum Teil durch den Spannungsabfall gegeben. Da die Kupferoxydulgleichrichter, wie bereits erwähnt, eine mehrfache Spannungssicherheit gegenüber kurzzeitiger Beanspruchung haben, ist immer noch mit genügender Sicherheit eine Spannungsverdoppelung zulässig, sofern dafür gesorgt wird, daß die Spannung in den Betriebspausen abgeschaltet wird. Man kann also bei aussetzendem Betrieb sowohl den Strom als auch die Spannung entsprechend Abb. 10 erhöhen.

Bei Selengleichrichtern gestattet die geringere Durchschlagsicherheit nicht eine gleichzeitige Spannungserhöhung, sondern nur eine Stromerhöhung.

Lebensdauer der Trockengleichrichter.

Die Lebensdauer der Trockengleichrichter ist sehr groß; so sind Kupferoxydulgleichrichter noch im Betrieb, die bereits einen mehr als 60 000stündigen Dauerbetrieb hinter sich haben, und zwar Ladebetrieb, der an sich die ungünstigste Form der Belastung darstellt. Bei diesen Gleichrichtern aus den Anfängen der Entwicklung ist der Ladestrom anfangs in einigen 1000 Betriebsstunden um rd. 30 % zurückgegangen und nähert sich jetzt asymptotisch einem Endwert. Bei neueren Gleichrichtern ist der Alterungsverlauf in Abb. 11 zu sehen.

Die glatte Linie zeigt den Leistungsrückgang bei Widerstandsbelastung in fünfjährigem Dauerbetrieb. (Spannungsrückgang ist kleiner!) Von einer Leistungserhöhung ist hier abgesehen worden. Die zackige Linie zeigt den Leistungsrückgang bei Ladebetrieb, wobei die Alterung von Zeit zu Zeit durch Höherklemmen der Transformatorspannung abgeglichen worden ist. Man sieht, daß die Zacken immer länger und flacher werden. Es sieht so aus, daß durch das Höherklemmen die Ausbildung eines Endzustandes gestört wird und daß die Alterungslinien einem neuen Endwerte zustreben, der schließlich einmal der endgültige wird.

Der Dauerbetrieb eines Gleichrichters höherer Konstanz, der nach Sonderverfahren hergestellt ist und im Vergleich dazu der eines gewöhnlichen Kupferoxydul- und eines Selengleichrichters wird in Abb. 12 dargestellt. Die Ungleichmäßigkeiten rühren von Temperatur- und Spannungsschwankungen her.

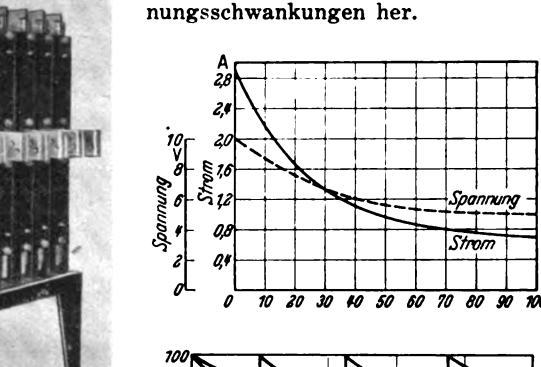


Abb. 10. Belastbarkeit von Kupferoxydulgleichrichtern der Druckplattenbauart in Abhängigkeit von der Einschaltdauer.

Einschaltdauer in % bezogen auf 10 min

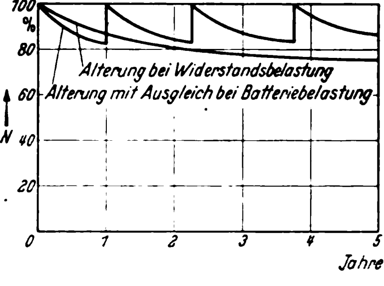


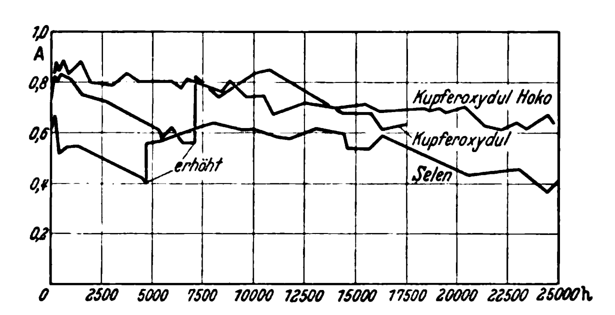
Abb. 11. Alterung von Kupferoxydulgleichrichtern in fünfjährigem Dauerbetrieb.

Die Alterung der Selengleichrichter war früher außerordentlich groß. Seit einigen Jahren ist der Selengleichrichter so weit verbessert worden, daß seine Alterung etwa der Alterung normaler Kupferoxydulgleichrichter entspricht.

Abb. 13 zeigt schließlich einen hochsperrenden Kupferoxydul-Freiflächengleichrichter in Gegentaktschaltung, der im Lauf der Zeit sogar etwas besser geworden ist und außerordentlich konstant ist (Sonderbauart).

Digitized by Google

Die Alterung der Trockengleichrichter besteht in einer Erhöhung des Durchlaßwiderstandes und bei Kupferoxydul zum Teil auch in einem Nachlassen der Sperrung. Wenn man sich den Aufbau der Trockengleichrichter vor Augen führt, so leuchtet ein, daß eine Widerstandsänderung sowohl der Halbleiterschicht als auch der Übergangskontakte zu den Metallelektroden auftreten kann. Eine Kontaktwiderstandserhöhung vom Halbleiter zur Gegenelektrode ist schon ohne äußere Einflüsse denkbar



oben: Kupferoxydulgleichrichter höherer Konstanz
Mitte: Normaler Kupferoxydulgleichrichter, Alterung einmal ausgeglichen
unten: Selengleichrichter, Alterung einmal ausgeglichen

Abb. 12. Ladestromrückgang im Dauerbetrieb bei einer konstanten Batteriespannung von 26 V.

und beim Kupferoxydulgleichrichter auch nachgewiesenermaßen vorhanden. Sie kann durch geeignete Maßnahmen vermieden oder weitgehend gemindert werden. Die Halbleiterschicht kann als ein der Gleichrichterscheibe vorgeschalteter Widerstand aufgefaßt werden, dessen Änderungen unmittelbaren Einfluß nur auf den Vorwiderstand haben. Die Leitfähigkeit der Kupferoxydulschicht ist von der Menge des im Kupferoxydul enthaltenen stöchiometrisch überschüssigen Sauerstoffes abhängig. Die Gleichrichterscheiben werden nun bei der Herstellung von einer Temperatur abgeschreckt, bei der die Sauerstoffaufnahmefähigkeit groß ist. Dieser durch das Abschrecken festgehaltene Zustand ist nun wohl bei Temperaturen bis etwa 30 ° C ziemlich beständig, nicht aber bei höheren Temperaturen. So tritt schon bei den üblichen Betriebstemperaturen eine Widerstandserhöhung zufolge Sauerstoffverarmung ein. Mit zunehmender Temperatur wird die Widerstandserhöhung beschleunigt und ausgeprägter. Man kann hier eine bessere Konstanz erreichen, indem man die Alterung durch eine Sonderbehandlung vorwegnimmt oder überhaupt bei tieferen Temperaturen arbeitet.

Die Sperrschicht besteht aus reinem, nicht leitendem Kupferoxydul, sie ist sowohl thermisch als auch elektrisch beeinflußbar. Die elektrische Beinflussung ist in Sperrrichtung größer und äußert sich nur in einer Ermüdung der Sperrfähigkeit, die bei Außerbetriebsetzung teilweise zurückgeht; wie durch Betriebspausen überhaupt eine allgemeine Erholung der Gleichrichter beobachtet wird. Im Hinblick auf ausreichende Konstanz ist die maximale Temperatur der Kupferoxydulgleichrichter mit 50 bis 60 ° C festgelegt worden, wobei der obere Wert für gealterte Gleichrichter gilt. Ein Betrieb bei höheren Temperaturen ist indessen auf Kosten der Konstanz wohl möglich, wenn man für ausreichende Wärmeabfuhr sorgt, so daß eine stetige Weitererwärmung durch Hochschaukeln der Rückverluste vermieden wird.

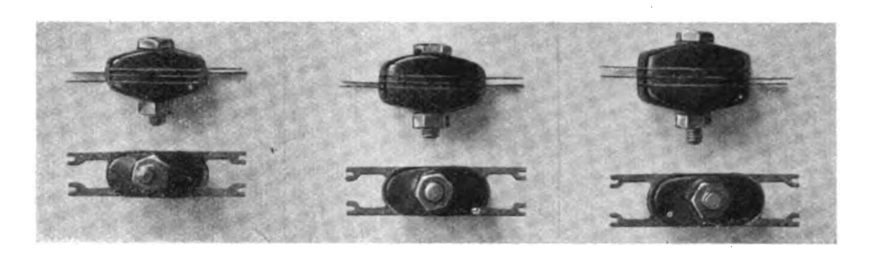


Abb. 14. Oben: Kupferoxydulmeßgleichrichter für 1,5 und 10 mA. Unten: Kopferoxyduldetektor.

Die Alterung der Selengleichrichter ist m. W. noch weniger erforscht. Es spielen aber sehr wahrscheinlich ähnliche Momente wie beim Kupferoxydulgleichrichter

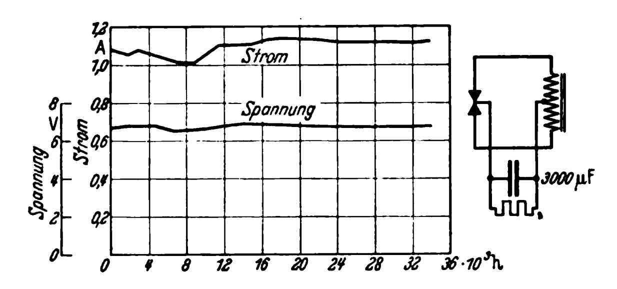


Abb. 13. Dauerbetrieb eines hochsperrenden Kupferoxydulgleichrichters der Freiflächenbauart.

mit, nur mit dem Unterschied, daß eine Temperaturbegrenzung mit Rücksicht auf eine obere kritische Temperatur notwendig ist. Sie ist mit dem Punkt gegeben, bei dem eine Zerstörung des Gleichrichters eintritt, sei es durch einen Umwandlungspunkt des Selens, sei es durch den Schmelzpunkt des Spritzmetalles. Die zulässige Grenztemperatur wird mit 75 ° C angegeben. Sie liegt ziemlich nahe an der kritischen Temperatur von 90 ° C. Oberhalb 90 ° C kann eine schnelle Abnahme der Sperrfähigkeit beobachtet werden, und bei 105 ° C beginnt die Spritzschicht zu schmelzen.

Die höhere zulässige Betriebstemperatur der Selengleichrichter bringt es mit sich, daß sie trotz der spezifisch geringeren Strombelastbarkeit kleiner bauen als selbstbelüftete Kupferoxydulgleichrichter, zumal auch zusätzliche Kühlflächen meist nicht benötigt werden.

Bei beiden Gleichrichterarten muß indessen für vollkommen freie Zu- und Abfuhr der Kühlluft gesorgt werden, da Wärmestauungen leicht zu unzulässigen Temperaturen und mehr oder minder plötzlichen Schäden führen können. Es empfiehlt sich, bei größeren Leistungen die Gleichrichtersäulen möglichst auseinandergezogen aufzubauen und dafür zu sorgen, daß sie nicht vorgewärmt werden.

Eine besonders hohe Konstanz wird von den sogenannten Meßgleichrichtern gefordert. Diese Gleichrichter machen es möglich, Drehspuleninstrumente für Wechselstrommessungen zu verwenden. Obgleich die für Meßzwecke benutzten Kupferoxydulgleichrichter schon sehr konstant waren, wird zur Vermeidung der Kontaktalterung neuerdings statt der Graphitelektrode eine Silberelektrode genommen. Mit der Einführung der Silberelektrode kann das Problem der Kontaktalterung praktisch als gelöst gelten. Außerdem geht die Druckabhängigkeit fast auf 0 zurück. Die Silberelektrode wird natürlich auch noch für andere besonders hochwertige Gleichrichter benutzt. Der Aufbau der z. Z. gebräuchlichen Meßgleichrichter ist aus Abb. 14 zu ersehen.

Das Preßstoffgehäuse enthält eine vollständige Grätzschaltung. Das gleiche Bild zeigt auch den Detektor, die Bauform für die kleinsten Scheiben. Er kann in dieser

Digitized by Google

Form für Spitzenspannungen bis 90 V gebaut werden und ist nicht größer als ein Rundfunkwiderstand. Die überaus gute Konstanz dieses Gleichrichters zeigt Abb. 15.

Die Alterung der Gleichrichter kann im übrigen stark durch Feuchtigkeit und Dämpfe beeinflußt werden. Es ist einleuchtend, daß die metallischen Bauteile leicht zur Korrosion neigen. Anderseits nehmen auch poröse Spritzschichten oder Graphitschichten leicht Feuchtigkeit auf. Bei Betrieb in feuchten Räumen ist daher unbedingt ein

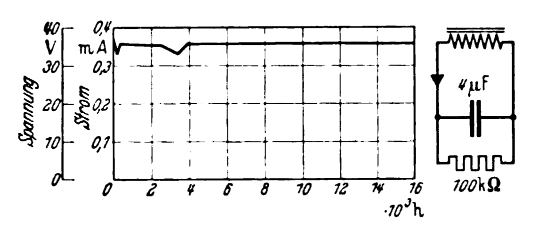
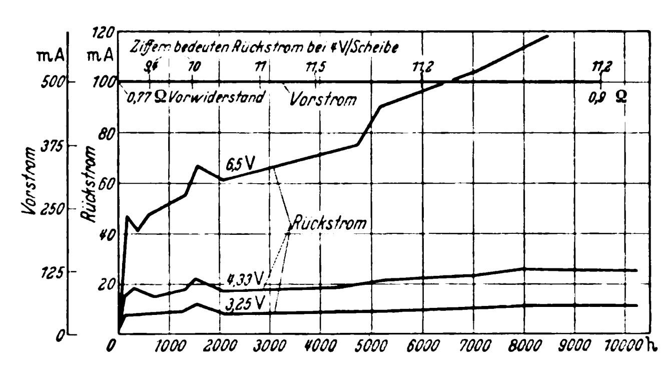


Abb. 15 Dauerbetrieb eines Detektors.

besonderer Feuchtigkeitsschutz anzuwenden, z. B. Lacküberzüge, und bei besonders ungünstigen Verhältnissen erfolgt die Anordnung unter Öl. Bei Kupferoxydulgleichrichtern bewirkt die Feuchtigkeit eine Widerstandszunahme in der Durchlaßrichtung. Durch Ausheizen kann diese Erscheinung indessen in der Regel wieder behoben werden.

Trockengleichrichter in Ventilschaltungen.

Vielfach wird angenommen, daß die Gleichrichter einer einseitigen Gleichstrombeanspruchung (Ventilschaltungen) nicht standhalten. Das ist aber bei richtiger Auswahl und Bemessung keineswegs der Fall. Man muß nur berücksichtigen, daß eine Gleichstrom-Dauerbeanspru-



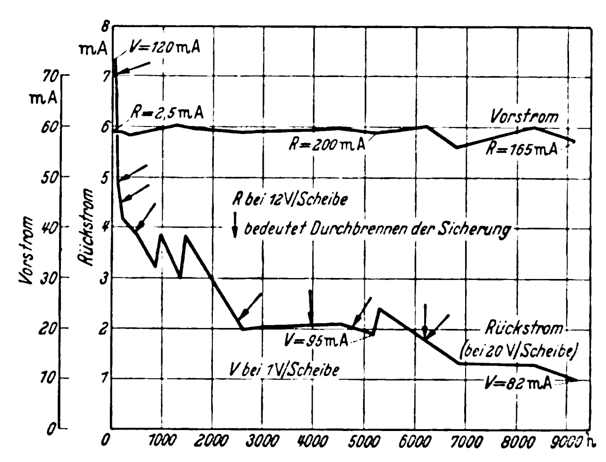
oben: konstante Vorstrombeanspruchung mit Änderung des Vorwiderstandes und der Rückströme
übrige Linien: Rückstromanstieg bei 6,5, 4,33 und 3,25 V

Abb. 16. Einseitige Gleichstrom-Dauerbeanspruchung von Kupferoxydulgleichrichtern in Durchlaß- und Sperrichtung.

chung z. B. in Sperrichtung etwas viel Intensiveres ist als die wechselnde Beanspruchung im Gleichrichterbetrieb, d. h. es ist notwendig, die Spannung kleiner zu wählen als der maximalen Sperrspannung bei Gleichrichterbetrieb entspricht.

Legt man beim Kupferoxydulgleichrichter die maximale Spannung an, so verschlechtert sich die Sperrung stetig, und die Rückströme steigen unerwünscht hoch an. Bei entsprechender Herabsetzung der Spannung kann man den Rückstrom aber beliebig begrenzen. Eine Verschlechterung des Vorstromes findet hierbei nur so weit statt, als ein Temperatureinfluß vorhanden ist oder aber in der Größenanordnung einer normalen Lageralterung. Bei dauernder Beanspruchung in Durchlaßrichtung findet eine Widerstandserhöhung auch nur entsprechend dem Temperatureinfluß statt, während die Sperrung erhalten bleibt. In Abb. 16 zeigen die drei unteren Linien die Änderung des Rückstromes bei Sperrbeanspruchung mit 3,25, 4,33 und 6,5 V/Scheibe. Die obere waagerechte Linie entspricht einer konstanten Durchlaßbeanspruchung. Die Ziffern oberhalb der Linie geben die zeitweise gemessenen Rückstromwerte an. Der Vorwiderstand hat sich in der 10 000-stündigen Betriebszeit von 0,77 auf 0,9 Ω erhöht (Temperatureffekt!).

Bei Selengleichrichtern geht der Rückstrom bei statischer Sperrbeanspruchung zurück. Wenn aber mit der vollen Sperrspannung gearbeitet wird, können von Zeit zu Zeit Durchschläge stattfinden, die allerdings nicht unbedingt zur Unbrauchbarkeit des Gleichrichters führen. (Vergleich Abb. 17). Eine Spannungsherabsetzung ist also auch hier notwendig. Allerdings findet auch ein Vorstromrückgang statt (in Abb. 17 von $V = 120$ auf $V = 82$ mA).



R zeitweise gemessener Rückstrom bei Vorstrom-Dauerbeanspruchung
V zeitweise gemessener Vorstrom bei dauernder Sperrbeanspruchung

Abb. 17. Einseitige Gleichstrom-Dauerbeanspruchung von Selengleichrichtern in Durchlaß- und Sperrichtung.

Bei Beanspruchung in Durchlaßrichtung geht aber die Sperrfähigkeit verloren. Der Anfangswert des Rückstromes nach Abb. 17 betrug $R = 2{,}5$ A und stieg bis auf $R = 200$ mA an. Zwar geht der Rückstrom bei längerer Rückstrombeanspruchung durch Formierung wieder zurück, für die Verwendung als überwiegend in Durchlaßrichtung beanspruchtes Ventil dürfte der Selengleichrichter indessen auf Grund dieser Eigenschaften ausscheiden. Die Verbesserung mag noch einer weiteren Entwicklung vorbehalten sein.

Zusammenfassung.

Trockengleichrichter stellen hinsichtlich des Aufbaues und der Wirkungsweise die einfachste Form eines Gleichrichters dar. Ihr Anwendungsbereich ist sehr groß. Sie werden vornehmlich für kleine und mittlere Leistungen bei Stromstärken bis zu mehreren tausend Ampere benutzt. Die technisch wichtigen Trockengleichrichter sind der Kupferoxydul- und der Selengleichrichter. Durch kühltechnische Verbesserung des Aufbaues und Anwendung von Fremdbelüftung ist in den letzten Jahren eine erhebliche Leistungssteigerung und damit eine Verringerung des Gewichtes und der Abmessungen erzielt worden. Die Lebensdauer ist sehr groß. Eine Grenze hat sich nach den bisherigen Erfahrungen bei normaler Beanspruchung nicht ergeben. Die Alterung kann bei Kupferoxydulgleichrichtern durch besondere Maßnahmen erheblich herabgesetzt werden, so daß Sonderansprüchen bezüglich der Konstanz weitgehend Rechnung getragen werden kann.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.315.212.1 : 621.317.3.015.34

Messungen und Berechnung von Wanderwellen in einem durch Einleiterkabel gespeisten Unterwerk. [Nach L. Gosland, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1938) S. 269; 17 S., 19 Abb.]

Wanderwellenvorgänge können bei Kabelleitungen infolge des Einflusses der Bleimäntel nicht wie bei Freileitungen aus den bekannten meßbaren Werten der Induktivität und Kapazität ohne weiteres rechnerisch bestimmt werden. Für die verschiedenen Kabelsysteme können jedoch auf Grund von Messungen Faktoren gefunden werden, mit deren Hilfe eine Bestimmung von Höchstwert, Steilheit und Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Wanderwelle aus dem rechnerischen Schwingungswiderstand mit praktisch genügender Genauigkeit möglich ist. Die vorliegende Abhandlung gibt einen Überblick über die an einem 66 kV-Drehstromsystem aus 3 symmetrisch angeordneten Einleiterkabeln (mit Doppelbleimantel, ohne Bewehrung) durchgeführten Messungen und vergleicht hiermit die errechneten $\sqrt{L/C}$-Werte. Für die Versuche wurde ein für diese Zwecke besonders entwickelter Stoßwellen-Indikator verwendet; die Abschaltströme lagen in der Größenordnung von 1 A. Untersucht wurden folgende Fehlermöglichkeiten: Zweiphasen-Kurzschluß, Dreiphasen-Kurzschluß, Einphasen-Erdschluß und Dreiphasen-Erdschluß. In den errechneten Vergleichswerten wurde für L einmal die Induktivität zwischen den Phasen, zum anderen die Induktivität einer Phase gegen Bleimantel eingesetzt. Die Ergebnisse sind in einer Reihe von Zahlen- und Kurventafeln dargestellt und können kurz wie folgt zusammengefaßt werden: Der tatsächliche Schwingungswiderstand eines wie vor beschriebenen Kabelsystems von etwa 15 bis 30 km Länge beträgt ungefähr 75 % des rechnerischen $\sqrt{L/C}$-Wertes, wobei für L die Induktivität zwischen den Phasen und für C die dem jeweiligen Fehler entsprechende Kapazität einzusetzen ist. Einen Überblick über die Abhängigkeit des Reduktionsfaktors von der Kabellänge gibt folgende Aufstellung:

Kabellänge in km	8	16	24	32	40
Reduktionsfaktor	0,66	0,7	0,75	0,82	0,88

Die Wanderwellengeschwindigkeit (max. etwa 175000 km/s) kann mit ungefähr 10 % Genauigkeit aus den L- und C-Werten zwischen Phase und Bleimantel errechnet werden. Die Leitfähigkeit des Erdbodens und der Mäntel anderer benachbarter Kabel ist gegenüber der Leitfähigkeit der Bleimäntel des betreffenden Kabelsystems zu vernachlässigen. Die für das vorliegende Einleiterkabel-System erhaltenen Ergebnisse gelten mit geringen Abweichungen auch für Dreimantelkabel. Der Einfluß der Stromverdrängung innerhalb der Leiter und anderer Verluste kann bei diesen Überschlagsrechnungen vernachlässigt werden. *ne.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.314.65.001.4

Der Quecksilberdampfdruck im Quecksilberdampf-Stromrichter. [Nach R. Risch, Bull. Schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 710; 4 S., 3 Abb.]

Die Beherrschung des richtigen Quecksilberdampfdruckes an den verschiedenen Stellen des Gefäßinneren ist für den Betrieb lebenswichtig, eine Messung desselben ist daher zur Gewinnung von Rückschlüssen für die Konstruktion, insbesondere der Kondensationseinbauten und der Anodenschutzrohre von großem Interesse. R. Risch beschreibt eine Einrichtung, die mit dem an sich bekannten Verfahren der Druckbestimmung durch Messung des „Taupunktes" arbeitet, d. h. der Temperatur, bei der der Dampf gerade zu kondensieren beginnt.

Allerdings muß diese Einrichtung jeweils fest eingebaut werden, außerdem ist sie nicht so klein und nicht so ohne Eingriffe in die Konstruktion, daß man so ohne weiteres sicher ist, daß man den Druck mißt, der auch ohne diese Einrichtung dort herrschen würde. Im übrigen offenbaren die mitgeteilten Meßergebnisse keine neuen Richtlinien für die Konstruktion, vielmehr bestätigen sie nach den Worten des Verfassers nur die Richtigkeit der bisherigen Konstruktionsweise.

Die Meßeinrichtung selbst, der Kondensations-Dampfdruckmesser, wird z. B. im Gefäßdeckel des Stromrichters vakuumdicht eingesetzt und ist durch ein unten offenes Rohr mit der Meßstelle verbunden (Abb. 1). Dort bildet das bei der Meßtemperatur entstehende Quecksilberkondensat einen elektrischen Kontakt zwischen den Polen *2* und *3*, die durch eine

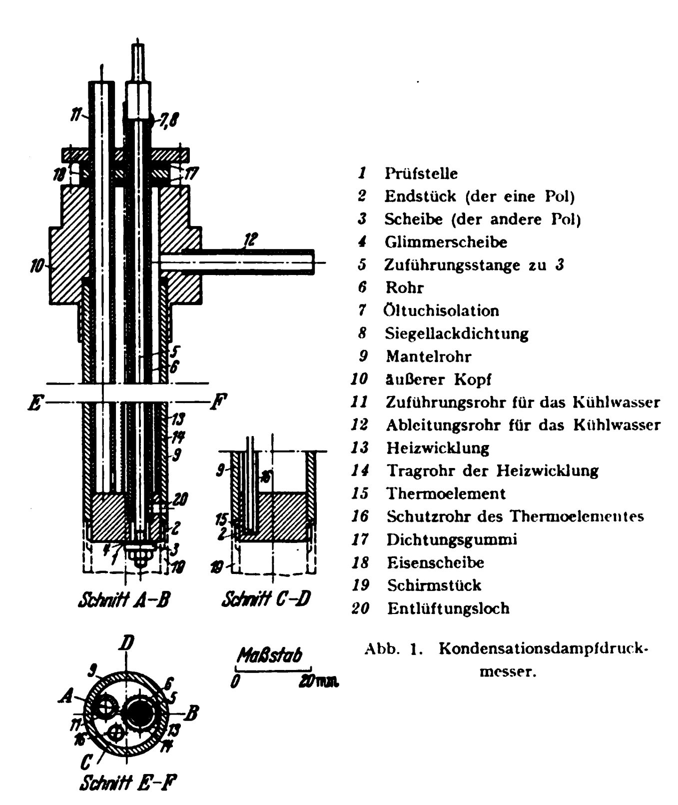


Abb. 1. Kondensationsdampfdruckmesser.

dünne Glimmerscheibe von 0,01 bis 0,02 mm auf Abstand gehalten sind. Die Meßtemperatur selbst wird mittels Wasserkühlung über die Rohre *11* und *12* bzw. mittels einer elektrischen Heizwicklung *13* herbeigeführt und durch ein Thermoelement *15* überwacht. Der entstehende elektrische Kontakt wird durch ein Signal angezeigt.

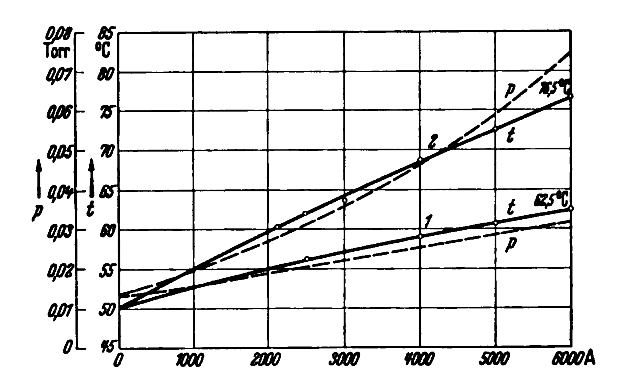


Abb. 2. Sattdampftemperatur t und Dampfdruck p an der Anode (*1*) und unterhalb des Anodenschutzrohres (*2*) eines Stromrichters für 6000 A in Abhängigkeit vom Gleichstrom bei 50° C mittlerer Kühlwassertemperatur.

Als eines der Meßergebnisse zeigt die Abb. 2 die Sattdampftemperatur und den daraus zu errechnenden Dampfdruck an zwei Stellen im Gefäßinneren eines 6000 A-Stromrichters in Abhängigkeit von der Gleichstromstärke. Die eine Meßstelle (Kurve *1*) liegt im Anodenschutzrohr einer Anode, und zwar in

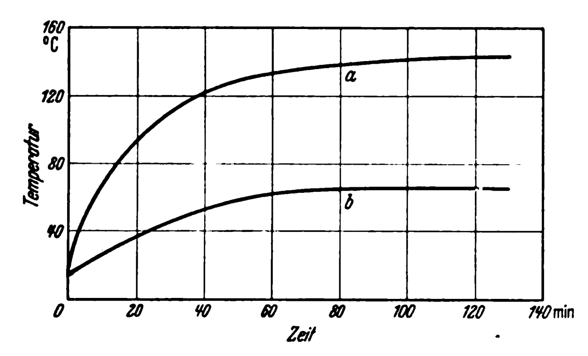
Digitized by Google

der Nähe der Anode, die andere Meßstelle (Kurve 2) befindet sich etwa in Höhe der unteren Öffnung des Anodenschutzrohres in einigem Abstand von der Gefäßachse, d. h. oberhalb der Kathode. Der gemessene Druckunterschied zwischen den beiden Meßstellen entspricht dem Staudruck vor den Anodenschutzrohren, der auf die Dampfströmung von der Kathode her zurückzuführen ist. Aus ihm kann man annähernd die Dampfentwicklung an die Kathode abschätzen und findet in Übereinstimmung mit der bisherigen Erfahrung etwa 10mg/As Quecksilber. *M. L.*

DK 621.319.4.029.45

Wassergekühlte Hochfrequenz-Kondensatoren. [Nach R. E. Marbury, Electr. J. 36 (1939) S. 75; 3 S., 5 Abb.]

Der Hochfrequenz-Induktionsofen[1]) ist erst durch den Kondensator zu einem auch wirtschaftlichen Betriebsmittel geworden. Da der Leistungsfaktor eines Induktionsofens die Größenordnung von 0,1 hat, müßte der Hochfrequenz-Stromerzeuger ohne Kondensatoren für die etwa 10- bis 15fache Ofenwirkleistung bemessen werden. Hinzu kommt, daß die Verluste der Kondensatoren nur $^1/_3$% ihrer Leistung[2]) und somit — bei der üblichen Verbesserung des Ofenleistungsfaktors auf 1 — nur etwa 5% der Leistung des zugehörigen Hochfrequenz-Stromerzeugers betragen.



a Temperatur eines 230 kVA-Kondensators mit Kühlschlangen im Dielektrikum (Inerteen)

b Temperatur des gleichen Kondensators bei Kühlung mit Wasserrohren, die unmittelbar mit den Kondensatorfolien verbunden sind

Abb. 3. Vergleich wassergekühlter Hochfrequenzkondensatoren.

Vor 15 Jahren verwendete die amerikanische Praxis für Induktionsöfen die gleichen Kondensatoren wie für die Kraftübertragungsnetze mit 60 Hz. Beispielsweise ergab ein Kondensator von 2 kVA bei 60 Hz mit geringfügigen Abänderungen im inneren Aufbau und mit geringerer Spannungsbeanspruchung bei 5000 Hz eine Leistung von 10 kVA. Die Verwendung von Inerteen[3]) als Isolierflüssigkeit ließ eine höhere Spannungsbeanspruchung als bei Ölkondensatoren und somit erhebliche Leistungssteigerung zu. Ein Kondensator mit Inerteen-Füllung von 15 kVA, 60 Hz wiegt z. B. weniger als ein Ölkondensator von 2 kVA. Daraus ergibt sich, daß der Betrieb von Inerteen-Kondensatoren mit einer der höheren Frequenz entsprechend größeren Leistung, weil eine Verlustminderung mit wirtschaftlichen Baustoffen ausscheidet, künstliche Wärmeabfuhr erfordert. Zu diesem Zweck wurden Metallplatten guter Wärmeleitfähigkeit und besondere Kühlrohre in die Kondensatoren eingebaut oder aber die Kondensatoren in Ölbehälter mit Wasserkühlung gesetzt. Beide Bauweisen ermöglichten jedoch eine Erhöhung der Kondensatorenleistung auf das nur etwa 3fache ihrer Leistung bei 60 Hz.

Das fortgesetzt wachsende Bedürfnis nach billigen Hochfrequenz-Kondensatoren nach größerer Leistung führte dazu, die künstliche Kühlung durch Einbau von Metallplatten guter Wärmeleitfähigkeit und von Kühlwasserrohren in die Kondensatoren weiter zu verbessern. Die Metallplatten werden jetzt unmittelbar zwischen die mit Inerteen getränkten Wickel eingebaut, ihre über die Wickel herausragenden Teile mit den kupfernen Kühlwasserrohren verlötet. Die Verlustwärme wird vom Ort ihrer Entstehung mit kleinstmöglichem Wärmestau abgeleitet, sie braucht nicht erst durch die Wickel und durch das Dielektrikum hindurch. Der eine Belag des Kondensators wird dabei, um die Kühlschlangen einfach unterbringen zu können, mit seinem Kasten und den Kühlschlangen, d. h. mit Erde verbunden. Ein 230 kVA-Kondensator, 2000 Hz, 1250 oder 625 V, benötigt rd. 3,8 l/min Kühlwasser von 26,5° C (80° F) bei einem Druckabfall von rd. 6 at in den Kühlschlangen. Die Kühlrohre mehrerer Elemente können hintereinander geschaltet werden. Die Wirksamkeit dieser verbesserten Wasserkühlung mit Metallplatten, die unmittelbar mit den Folien der Kondensatorbeläge verbunden sind, im Vergleich zu der alten Wasserkühlung zeigt Abb. 3. Bei einem spezifischen Wickelverlust von 0,39 W/cm³ (2,53 W je Kubikzoll) bleiben die höchsten Temperaturen der Wickel noch unter 65° C, die Behältertemperaturen bei 20°, Raumtemperatur unter 40°. Einrichtungen zur selbsttätigen Abschaltung der Kondensatoren beim Wegbleiben ihres Kühlwassers sind zweckmäßig. *H. Schz.*

Elektromaschinenbau.

DK 621.314.22.018.3

Zur Theorie des schwingungsfreien Drehstromtransformators. [Nach R. Elsner, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 18 (1939) S. 1; 23 S., 23 Abb.]

Einleitend werden zunächst die beiden grundsätzlichen Wege besprochen, welche die Entwicklung im Bau gewittersicherer Leistungstransformatoren im letzten Jahrzehnt gegangen ist. Der eine Weg besteht in einer zweckmäßigen Verstärkung der inneren Wicklungsisolation unter Beibehaltung des bewährten Aufbaues der Wicklung als Röhrenwicklung mit Scheibenspulen beim sogenannten „schwingenden" Transformator. Dabei werden die infolge der bekannten hyperbolischen Anfangsverteilung der Spannung innerhalb der Wicklung entstehenden Überspannungen in Kauf genommen und die Isolation an jeder Stelle der Wicklung auf Grund kathodenstrahloszillographischer Messungen weitgehend den vorkommenden Beanspruchungen angepaßt.

Der zweite Weg verfolgt das Ziel, die Ursache der Überspannungen, also die Ausgleichsschwingungen der Wicklung, dadurch zu beseitigen, daß durch geeigneten Aufbau der Wicklung von vornherein eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Stoßspannung auf die einzelnen Wicklungsabschnitte erzwungen wird. Es wird eine Reihe von Möglichkeiten zum Bau solcher „schwingungsarmer" bzw. „schwingungsfreier" Drehstromtransformatoren, unter besonderer Berücksichtigung der in Deutschland üblichen Betriebsweise mit freiem Sternpunkt, sowohl theoretisch wie experimentell untersucht. Insbesondere wird das Verhalten von Lagenwicklungstransformatoren, deren Wicklungen in „Einzel-" bzw. „Doppellagen" zusammengeschaltet sind, hinsichtlich der Eigenschwingungen der einzelnen Lagen sowie der Spannungsbeanspruchungen gegen Erde bei ein- und dreipoligen Stößen grundsätzlich geklärt. Es zeigt sich, daß bei „Einzellagenschaltung" im Falle einer steilen Stoßwelle alle Lagen für sich Wanderwellenschwingungen ausführen, die erhebliche Spannungen selbst innerhalb der ersten Lagenviertel zur Folge haben, sofern kein metallischer Schirm über der Eingangslage angeordnet ist. Bei „Doppellagenschaltung" treten infolge der Wirkung zweier benachbarter Lagen als eine Art bifilarer Wicklung diese Eigenschwingungen praktisch nicht auf, so daß ein Schirm überflüssig wird.

Die Spannungsbeanspruchungen gegen Erde lassen sich bei allen Arten von Lagenwicklungstransformatoren, auch für den Betrieb mit freiem Sternpunkt, in einfacher Weise vorausberechnen. Die Ergebnisse dieser Rechnung stimmen sowohl für den einfachen „schwingungsarmen" Lagenwicklungstransformator wie für den „schwingungsfreien" Transformator mit den kathodenstrahloszillographischen Messungen gut überein. Der einfache Lagenwicklungstransformator führt noch eine ausgeprägte Grundschwingung aus, bei der sämtliche Wicklungslagen synchron schwingen. Ist die Eigenperiode dieser Grundschwingung hinreichend kurz gegenüber der Rückendauer der Blitzwelle, so kann es dadurch bei dreipoligen Stößen u. U. noch zu einem Überschlag des Sternpunkts nach Erde kommen. Die Abhängigkeit der Sternpunktspannung vom Verhältnis

$$\frac{T}{T_1} = \frac{\text{Rückenzeitkonstante der Blitzwelle}}{\text{Eigenperiode der Grundschwingung}}$$

wird kurvenmäßig dargestellt und mit der entsprechenden Kurve für „schwingenden" Transformator verglichen. Dabei wird das günstigere Verhalten des Lagenwicklungstransformators deutlich. Noch günstiger verhält sich allerdings der völlig „schwingungsfreie" Transformator, bei dem Spannungsüberhöhungen am Sternpunkt infolge von Ausgleichschwingungen

[1]) Vgl. a. Bericht Kind auf der Elektrowärmetagung in Berlin am 5. 6. 1936.

[2]) Vgl. a. Bauer, Der Kondensator in der Starkstromtechnik, Berlin 1934, Verlag J. Springer, ETZ 56 (1935) S. 501; 57 (1936) S. 207. VDE-Fachber. 7 (1935) S. 21.

[3]) Vgl. R. E. Marbury, Electr. J. 34 (1937) S. 103, H. Schulze, Rev. gén. Electr. 45 (1939) S. 131.

Digitized by Google

der Wicklung überhaupt nicht mehr vorkommen können, da bei dieser Bauform die Anfangsspannungsverteilung für jede beliebige Stoßart genau der Endverteilung entspricht.

Für den „schwingungsarmen" Lagenwicklungstransformator wird eine Möglichkeit gezeigt, durch eine in offenen Dreieck geschaltete Hilfswicklung, an deren Klemmen ein Widerstand geeigneter Größe gelegt wird, die Grundschwingung der Wicklung völlig auszudämpfen. Durch die gleiche Maßnahme läßt sich auch die Sternpunktschwingung normaler „schwingender" Transformatoren so weit ausdämpfen, daß infolge der Absenkung der Nullpunktspannung Sternpunktüberschläge mit einfachen Mitteln ganz vermieden werden können.

Zum Schluß wird noch auf den Unterschied in der Höhe der vom primärseitigen Ausgleichsvorgang auf die Unterspannungsseite übertragenen Stoßspannungen beim „schwingungsarmen" bzw. beim „schwingungsfreien" Transformator hingewiesen. *eb.*

DK 621.313.042

Anwendung der konformen Abbildung auf die Induktionsverteilung im Eisen elektrischer Maschinen. [Nach T. Nakamura, Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 6; 4 S., 5 Abb.]

Die Untersuchung bezieht sich auf solche Maschinen, bei welchen einer glatten Polfläche ein genuteter Eisenkörper gegenübersteht, also Gleichstrommaschinen ohne Kompensationswicklung und Synchronmaschinen ohne Dämpferwicklung. Durch die Schwankung der Luftspaltinduktion infolge der Nutung, die sich in das Eiseninnere fortsetzt, werden bekanntlich in der glatten Eisenfläche zusätzliche Eisenverluste, die sogenannten Oberflächenverluste, hervorgerufen. Zu deren Berechnung oder Abschätzung ist es notwendig zu wissen, wie weit die durch die Nutung hervorgerufene Induktionsschwankung in das Eisen hineindringt. Unter Zugrundelegung einer angenäherten und auch sonst gelegentlich angewendeten idealisierten Annahme über den Kraftlinienverlauf im Luftspalt gelingt mit Hilfe der konformen Abbildung die Berechnung des Verlaufs der Induktion in den verschiedenen Tiefen des glatten Eisens. Als Parameter dienen die Zahnbreite, die Nutbreite und der Luftspalt. Man findet, daß die Eindringtiefe der Induktionsschwankung verhältnismäßig klein ist. Bei einem durchgerechneten Beispiel zeigt sich, daß in einer Tiefe gleich der 1,5fachen Luftspaltbreite die Nutenschwankung praktisch ausgeglichen ist. Die magnetische Permeabilität wurde dabei notgedrungen als konstant betrachtet. Die Untersuchung bricht da ab, wo man weitergehende praktische Folgerungen z. B. hinsichtlich der Oberflächenverluste erwarten könnte. *Bdk.*

DK 621.313.047.001.5

Über Verschleiß und Reibung in Schleifkontakten, besonders zwischen Kohlebürsten und Kupferringen. [Nach R. Holm, H. P. Fink, F. Güldenpfennig u. H. Körner, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 18 (1939) H. 1, S. 73.]

Die Verfasser haben sich die Aufgabe gestellt, die Wirkung der einzelnen Veränderlichen, wie mechanischer Verschleiß, besondere Wirkung des Stromes und Verschleiß unter Funken zu verfolgen, und kommen so zu einer genaueren Beschreibung der physikalischen Vorgänge, als bisher erreicht worden ist.

Reine kristallinische Metalloberflächen haften aneinander, als ob sie in den Berührungspunkten verschweißt wären, und bei gegenseitiger Verschiebung erleiden diese Flächen einen sehr starken Verschleiß. Nun gleiten in der Praxis nie reine metallische Flächen aufeinander, sondern die Gleitflächen sind stets von Fremdschichten bedeckt, die mehr oder weniger gut als Schmierung dienen. Demzufolge ist alles, was man über Verschleiß und Reibung kennt, die ganzen Coulombschen Gesetze einbegriffen, wesentlich auf die erwähnten Schmierschichten zurückzuführen. Eine besondere Rolle als Schmierschicht, abgesehen von Tränkungsmitteln der Bürste, spielen hier 1. Graphitschichten, 2. Wasserhäute und 3. gewisse „fettähnliche" Schichten, die sich aus Schwebestoffen der Luft auf dem Metall absetzen. Die Wirkung der eigentlichen Schmierschichten ist natürlich von der sogenannten Brünierung der Schleifringe abhängig, und sowohl diese Brünierung wie die eigentlichen Schmierschichten werden in ihrer Ausbildung von dem elektrischen Strom beeinflußt, der also auch mitbestimmend für die Größe des Verschleißes wird. Dabei wird zunächst von der Metall- und Kohleverdampfung im Funken abgesehen. Diese Erscheinung wird besonders behandelt. Wenn jedes Funken ausgeschlossen ist, dann wird der Verschleiß sowohl am Ring wie an der Bürste durch den Strom verkleinert, wenn die Bürste aus Kohle oder Graphit besteht und positiv ist, dagegen vergrößert unter einer positiven Metallgraphitbürste. Umgekehrt wirkt der Strom, wenn die Bürste negativ ist. Eine übersichtliche quantitative Auskunft und die Möglichkeit, auf irgendwelche gegebenen Umstände umzurechnen, geben gewisse empirische Formeln, von denen ausführliche Beispiele gegeben werden.

Die Untersuchungen des Verschleißes beim Funken führten zu sehr einfachen Gesetzen. Die Funken ändern natürlich die Schmierhäute, aber dies nur an einzelnen Stellen, und sie wirken wesentlich, indem sie Metall oder Bürstenstoff verdampfen. Bezeichnen wir die verdampfte Menge mit G in mm³ und die durch den Funken geflossene Elektrizitätsmenge während dieser Verdampfung mit Q in Coulomb, so gilt das einfache Gesetz:

$$G = \Gamma \cdot Q,$$

wo Γ einen Stoffbeiwert bedeutet von der Größenordnung 0,01 für Graphit und 0,001 für Kupfer. Die gefundenen Γ-Werte sind dieselben, wie sie einige der Verfasser bereits früher an Abhebekontakten gemessen haben. Eine Berechnung des Verschleißes infolge des Funkens ist somit nun darauf zurückgeführt, Q zu bestimmen. Für diese Bestimmung ist es erforderlich, durch oszillographische Aufnahmen die Elektrizitätsbeförderung durch die Funken festzustellen.

Der Vergleich einiger Verschleißbeträge ist interessant. Diese Beträge werden hier als relative Werte ohne nähere Angabe der Einheit angeführt:

Verschleiß eines Kupferringes und einer anliegenden Elektrographitbürste	0,004	Einheiten
Verschleiß eines Kupferringes und einer anliegenden Kupfergraphitbürste	0,1	„
Verschleiß von Graphit gegen Graphit	0,000 04	„
Verschleiß von Eisen gegen Eisen in trockener Luft	500	„

Das letzte Kapitel betrifft die Reibung, welche wohl als Merkmal der Bürsten eine kleinere Rolle spielt, als oft in technischen Abhandlungen behauptet wird. Einige Messungen an besonders geheizten Bürsten mögen hervorgehoben werden. Wenn diese Bürsten getränkt waren, so ergaben sie kleine Reibungszahlen von der Größe $\mu = 0,1$, wenn die Berührungsfläche Bürste—Ring (nicht etwa die ganze Bürste) gerade eine Temperatur von ungefähr 60° erhielt, d. h. die Verflüssigungstemperatur des Tränkungsmittels. *Vb.*

DK 621.313.362 : 621.87

Vermehrte Verwendung des Wechselstrom-Kommutatormotors im Kranbetrieb. [Nach Electrician 122 (1939) S. 199; 1 ½ S., 4 Abb.]

Für Kranbetrieb wird an Stelle des Asynchronmotors, dessen Steuerung wegen zu grober Abstufung der Läuferwiderstände und wegen ungünstigen Verlaufs der Drehmomentkurve nicht feinfühlig genug ist, und an Stelle der Leonard-Schaltung, deren Verluste hoch sind, der Dreiphasen-Nebenschlußkommutatormotor mit großem Regelbereich (bis zu 20 : 1 und mehr) empfohlen, dessen Drehzahl in bekannter Weise durch Bürstenverschiebung gesteuert wird. Nähere Angaben über die Ausführung des Motors werden nicht gemacht. Die Bürsten werden durch einen Hilfsmotor verschoben. Bei der einfachsten Art der Steuerung schaltet der Kranführer durch Vor- und Rückverschieben des Steuerhebels den Hilfsmotor in der einen oder anderen Drehrichtung ein und bei Erreichen der richtigen Drehzahl wieder aus. Bei der „pre-set"-Steuerung nehmen die Bürsten selbsttätig die durch die Auslage des Steuerhebels vorgeschriebene Stellung ein. Der Kranführer braucht also nicht darauf zu achten, daß bei Erreichen der richtigen Bürstenstellung der Hilfsmotor abgeschaltet wird. Erreicht wird dies dadurch, daß ein mit dem Steuerhebel gekuppelter Schaltarm, der auf einer mit der Bürstenbrücke mechanisch oder elektrisch gekuppelten Trommel schleift, die Stellung der Bürstenbrücke und des Steuerhebels miteinander vergleicht. Solange sie nicht übereinstimmen, ist der Hilfsmotor mit richtiger Drehrichtung eingeschaltet. *W. Sz.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.39 : 536.587

Selbsttätige Temperaturüberwachung. [Nach Light metals, Oktober 1938, S. 334; 4 S., 11 Abb.]

In der Arbeit wird über mit Thermoelementen bzw. Widerstandsthermometern und Spannungsteiler arbeitende Temperaturregler und über die von einem Ausdehnungsthermometer druckluftgesteuerten Regler berichtet. Die Ansprechempfindlichkeit der Regelgeräte beträgt 0,5 bis 1% vom Skalenbereich.

Digitized by Google

Die elektrischen Regler arbeiten nur zum Teil mit Quecksilberschaltröhren. Für den einen Temperaturregler ist eine auf der Flammenleitfähigkeit beruhende Sicherheitseinrichtung für gasbeheizte Öfen entwickelt worden, durch die die Gaszufuhr ganz abgestellt wird, wenn die Zündflamme durch irgendeinen Fehler in der Anlage verlöscht. Hierfür werden zwei in die Flamme hineinragende Elektroden verwendet, die mit der Kathode und dem Steuergitter eines Elektronenrohres verbunden sind, welches in der Art geschaltet ist, daß bei Verlöschen der Flamme der Anodenstrom ansteigt und über ein Relais einen das Gasventil ausschaltenden Motor betätigt. Die Sicherungseinrichtung kann auch mit einer Verzögerungseinrichtung versehen werden. *A. Kz.*

DK 537.749

Über einen neuen empfindlichen Lichtzähler. [Nach R. Tzschaschel, Z. Phys. 111 (1938) S. 215; 17 S., 10 Abb.]

Gegenüber der Photozelle weisen Zählrohr und Spitzenzähler, soweit sie als Lichtzähler verwendet werden, den großen Vorteil auf, daß theoretisch schon ein einzelnes durch Photoeffekt ausgelöstes Elektron genügt, um das Zählwerk zum Ansprechen zu bringen. Bei geeigneter Ausbildung des Lichtzählers müßten demnach noch Lichtstärken zu messen sein, für welche die Photozelle schon lange nicht mehr ausreichen würde. Praktisch ergeben sich allerdings Schwierigkeiten, das an der Zählerkathode ausgelöste Elektron tatsächlich zu erfassen und zur Stoßionisation, d. h. zur Anzeige, zu bringen. Die geringe Feldstärke vor der Kathode sowie deren Gasbeladung dürften im wesentlichen dafür verantwortlich zu machen sein.

Die Arbeit befaßt sich nun damit, die Feldstärkenverhältnisse an der Kathode unter Zuhilfenahme eines homogenen Feldes zu verbessern. Den Zählmechanismus selbst in das homogene Feld hinein zu verlegen, erschien unzweckmäßig. Die Anordnung wurde daher so getroffen, daß die Photoelektronen, an der Kathode eines Plattenkondensators erzeugt, unter dem Einfluß der Kondensatorspannung (Beschleunigungsspannung) bis zur Stoßionisation beschleunigt, auf diese Weise lawinenartig vermehrt wurden und schließlich durch die gitterförmig ausgebildete Anode hindurch in den eigentlichen Zählerraum gelangten. Dieser war nach Art eines Spitzenzählers aufgebaut, dessen Spitze sich unmittelbar hinter dem genannten Netz befand, das gleichzeitig die Stirnwand des Zählers bildete, und diesem gegenüber wiederum ein positives Potential besaß. Ein Teil jeder Elektronenlawine mußte also durch das Netz hindurchschießen, in den wirksamen Bereich des Zählers kommen und damit einen Zählstoß hervorrufen. Der Zweck dieser Anordnung war, eine möglichst hohe Ausbeute, d. h. ein möglichst günstiges Verhältnis der gezählten zu den tatsächlich ausgelösten Photoelektronen zu erreichen. Zur Bestimmung dieses Verhältnisses wurde der zwischen den Kondensatorplatten übergehende Photostrom elektrometrisch gemessen und dann durch geeignete Filterung der wirksamen Lichtstrahlen auf einen praktisch vergleichbaren Wert abgeschwächt. Unter Berücksichtigung der Stoßionisation konnten so die Primärelektronen einigermaßen sicher bestimmt und zu den gezählten Stößen in Vergleich gesetzt werden.

Um den statischen Durchgriff des homogenen Feldes auf das Zählersystem zu untersuchen, wurden einige Zählspannungskennlinien (minutliche Stoßzahl in Abhängigkeit von der Zählerspannung) bei verschiedenen Beschleunigungsspannungen aufgenommen. Die Zählspannungskennlinie verschiebt sich mit zunehmender Stärke des vorgelagerten homogenen Feldes zu kleineren Spannungen hin und geht dabei schließlich von der bekannten Kurvenform in einen kontinuierlichen Anstieg über. Damit wird der Beschleunigungsspannung auch eine Grenze gesetzt. Wird die Zählspannung den beschriebenen Kennlinien entsprechend richtig gewählt, so erhält man eine Ausbeute, die sich mit steigender Beschleunigungsfeldstärke einem Grenzwert nähert. Dieser Wert war etwa 0,25; das besagt, daß hier jedes vierte Elektron angezeigt wurde.

Die Dunkelstoßzahl der Anordnung betrug etwa 2 bis 6 Stöße je Minute und die höchst erfaßbare Photostoßzahl etwa 1200 Stöße/min (τ = 0,018 s). Eine Eigenerregung wurde in dem untersuchten Bereich nicht festgestellt. *Bkm.*

DK 621.317.4

Messung der Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$. [Nach H. Neumann, Arch. techn. Messen, Lfg. 92 (1939) V 957—1.]

Bei der Messung der wichtigsten magnetischen Kennziffer, der Koerzitivkraft, müssen zwei Definitionen streng unterschieden werden: die Magnetisierungskoerzitivkraft ${}_{\mathfrak{J}}\mathfrak{H}_c$ für das Verschwinden der Magnetisierung, d. h. für $\mathfrak{J} = 0$, und die Induktionskoerzitivkraft ${}_{\mathfrak{B}}\mathfrak{H}_c$ für $\mathfrak{B} = 0$, beide Größen während der Einwirkung des entmagnetisierenden Feldes gemessen und auf die voll ausgesteuerte Hysteresisschleife bezogen. Der Unterschied zwischen beiden $\mathfrak{H}_c$-Werten, der bei kleinem $\mathfrak{H}_c$ zu vernachlässigen ist, spielt bei den neuzeitlichen Dauermagnetwerkstoffen schon eine merkliche Rolle. Während die Magnetisierungskoerzitivkraft ${}_{\mathfrak{J}}\mathfrak{H}_c$ für den geschlossenen wie für den offenen magnetischen Kreis in den meisten Fällen praktisch dieselbe ist, ist die Induktionskoerzitivkraft stark abhängig vom Entmagnetisierungsfaktor. Für die Erzielung richtiger $\mathfrak{H}_c$-Werte ist es notwendig, vor der eigentlichen Messung eine Reihe von Bedingungen zu erfüllen und den Sinn und die Größe der auftretenden Fehler zu kennen:

Die Magnetisierungsfeldstärke $\mathfrak{H}_{max}$ muß so groß sein, daß der Grenzwert von $\mathfrak{H}_c$ erreicht wird. Dieser $\mathfrak{H}_{max}$-Wert nimmt mit wachsendem $\mathfrak{H}_c$ zu, wird aber auch durch die Form der Hysteresisschleife des Werkstoffes beeinflußt; außerdem hängt er von der äußeren Form, dem Entmagnetisierungsfaktor, ab, wie an Hand von Kurven für eine Reihe von magnetischen Werkstoffen gezeigt wird.

Bei inhomogenen Werkstoffen hängt der Meßwert der Koerzitivkraft vom Abstand zwischen Probe und Meßorgan ab, so daß bei kleinem Abstand Lokalwerte der Koerzitivkraft und bei großem Abstand Mittelwerte gemessen werden.

Das Magnetfeld für die Magnetisierung und besonders für die Entmagnetisierung muß möglichst homogen sein, sonst treten Fehler auf, die z. B. beim Herausragen der Probe aus der Entmagnetisierungsspule positiv sind und deren Höhe mit abnehmender Koerzitivkraft wächst.

Bei magnetisch weichen Werkstoffen üben das Erdfeld und sonstige Streufelder eine vormagnetisierende Wirkung auf die Probe aus, so daß $\mathfrak{H}_c$ je nach der Richtung des Magnetfeldes zu groß oder zu klein gemessen wird. Durch Ausrichtung senkrecht zum magnetischen Meridian und durch Messung beider Magnetisierungsäste läßt sich der Fehler in den meisten Fällen beseitigen. Die bei sehr geringen $\mathfrak{H}_c$-Werten auch dann noch störende Quermagnetisierung durch die totale Intensität des Erdfeldes kann durch entsprechend angeordnete Helmholtz-Gaugain-Spulen aufgehoben werden.

Eine Entmagnetisierung der Probe durch Erschütterungen, elastische Verspannungen oder plastische Verformung, Temperaturerhöhung usw. muß unbedingt vermieden werden.

Einen großen, bisher nicht genügend beachteten Einfluß auf den Meßwert der Koerzitivkraft übt bei magnetisch weichem Werkstoff die Schaltgeschwindigkeit des magnetisierenden Feldes aus. Die Schaltgeschwindigkeit muß um so kleiner, die Schaltzeit also um so größer sein, je größer die Dicke, die elektrische Leitfähigkeit und je kleiner die Koerzitivkraft ist. Der Einfluß des Entmagnetisierungsfaktors ist nur bei mittleren Werten der Koerzitivkraft eindeutig, wobei der $\mathfrak{H}_c$-Fehler (bei direktem Ausschalten des Feldes) mit wachsendem Längenverhältnis abnimmt. Eine erhebliche Verkürzung der Schaltgeschwindigkeit läßt sich durch Umgeben der Probe mit einem dickwandigen Kupferrohr erzielen.

Weitere Fehlerquellen sind eine zu kleine Schwingungsdauer des ballistischen Galvanometers und die reine magnetische Nachwirkung. *eb.*

Elektrowärme.

DK 621.365.22

Der norwegische Elektrohochofen. [Nach I. Hole, Tekn. T. 69 (1939) Bergsvetenskap S. 9; 2 ½ S., 5 Abb.]

Zur Roheisengewinnung mit Koks als Reduktionsstoff ist der sogenannte Spigerverks-Ofen in den letzten 10 Jahren entwickelt worden. Kennzeichnend für ihn ist der niedrige Druck der ziemlich entfernt von den Elektroden zugeführten Füllung auf diese. Die 3 Elektroden können in einer Reihe wie bei den in Italien laufenden 6 Öfen von je 7800 kVA oder im Dreieck angeordnet werden. Die Öfen sind wassergekühlt. Zum Betrieb können billige Koksarten verwendet werden, anderseits ist der Elektroofen selbst nur wirtschaftlich, wenn 1 kWh etwa ein Viertel des Preises von 1 kg Koks kostet. Das gewonnene Roheisen hat sehr niedrigen Schwefelgehalt, weil die Schlacke sehr heiß und stark basisch gehalten werden kann. Sehr wertvoll ist das mit 650 nm^3 je t Roheisen freiwerdende Abgas, das etwa 2500 $kcal/m^3$, also etwa 1900 kWh je t Roheisen, enthält. Verbraucht werden 2500 bis 3000 kWh je t Roheisen je nach dem verhütteten Erz. Günstig ist der gute Leistungsfaktor von 0,8 bis 0,9 und die Möglichkeit, die zugeführte Leistung etwa während der Lastspitzen des Netzes auf die Hälfte herabsetzen zu können, ohne die Wirtschaftlichkeit oder die Güte des Eisens zu beeinträchtigen. Etwa 10 Öfen von 6000 bis 12 000 kVA sind gegenwärtig in verschiedenen Ländern in Betrieb, weitere sind im Bau. *Wckr.*

Digitized by Google

DK 621.365.22

Der Spigerverks-Elektrohochofen[1]) des Imatrawerkes. [Nach H. Willners, Tekn. T. 69 (1939) Bergsvetenskap S. 11; 3 S., 5 Abb.]

Nach 18monatigem Betrieb des neuartigen Ofens, der bei 10000 kW Nennleistung täglich 90 bis 100 t Roheisen liefert, ist zunächst der Abbrand der Wände bemerkenswert. Hinter jeder der im Dreieck stehenden Elektroden wird die Wand, wahrscheinlich durch das elektrodynamisch (Stromstärke 43 kA je Elektrode) nach außen in Bewegung gesetzte flüssige Eisen angefressen. Durch geeignete Formgebung und Herabsetzung der spezifischen Belastung kann Abhilfe geschaffen werden. Der zur Schonung der Bodenauskleidung gewählte große Abstand der Schmelzzone vom Boden macht durch die große Speichermenge von etwa 90 t flüssigen Eisens den Ofen weitgehend unabhängig von willkürlichen Leistungsänderungen. Die Leistung wird besser durch Spannungsänderung mittels Stufentransformator, als durch mechanische Verschiebung der Elektroden geändert. Der Ofen ist so anpassungsfähig, daß ohne metallurgische Bedenken eine selbsttätige Leistungsregelung, die vom erwünschten Belastungsausgleich des speisenden Netzes abhängig gemacht wird, gegenwärtig eingebaut wird. *Wckr.*

DK 621.365.45 : 644.1

Elektrische Zentralheizungen mit erhöhter Speicherausnutzung. [Nach W. von Sauer, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 88; $5^1/_2$ S., 6 Abb.]

Der Verfasser, der in seiner ersten Arbeit über elektrische Speicherheizung[2]) noch die Auffassung vertrat, daß der reine Speicherbetrieb, d. h. die ausschließliche Verwendung von Nachtstrom zur Heizung von Wohnhäusern nicht möglich sei, weil deren Keller einen Speicher der hierfür erforderlichen Abmessungen nicht zu fassen vermag, weist nunmehr nach, daß es durch Wahl eines höheren Temperaturgefälles zwischen Vor- und Rücklauf des Heizkörpersystemes möglich ist, bei gleicher mittlerer Oberflächentemperatur der Heizkörper den Wärmeinhalt eines Speichers entsprechend höher auszunutzen und damit die Speichergröße so weit zu verringern, daß es in vielen Fällen möglich wird, selbst normale Wohngebäude ausschließlich mit Nachtstrom zu heizen. Erhöht man z. B. die Vorlauftemperatur von 80° auf 90° und verringert man gleichzeitig die Rücklauftemperatur von 60° auf 50°, so vermehrt sich das in normal bemessenen Anlagen vorhandene Wärmegefälle von $80 - 60 = 20°$ auf $90 - 50 = 40°$. In einer Zusammenstellung wird gezeigt, zu welch beträchtlichen Verringerungen der Speicherabmessungen dieser Vorschlag in Verbindung mit verschiedenen Arten der Speicherheizung führt. Das größere Wärmegefälle kann durch Wahl geeigneter Querschnitte der Steige- und Rücklaufleitungen erreicht werden.

Gleichwohl hält von Sauer an seiner Ansicht fest, daß es weder für das Stromlieferwerk, noch für den Abnehmer wirtschaftlich ist, ausschließlich mit Nachtstrom zu heizen, weil hierdurch der Anschlußwert der Anlage sowie die Größe des Speichers gegenüber einer zusätzlichen Entnahme von Tagesstrom in einem Verhältnis vergrößert werden, das mit der Seltenheit, mit welcher der maximale Wärmebedarf auftritt, nicht in Einklang steht. Es wird an Hand eines vereinfachten Beispieles gezeigt, wie das Stromlieferwerk für einen bestimmten Netzabschnitt das Maximum von Heizstromabsatz dadurch erreichen kann, daß man durch Verringerung des Anschlußwertes, also durch Verzicht auf reinen Nachtstrombetrieb und Hinzunahme von spitzenfreiem Tagesstrom, die Zahl der anschließbaren Heizstromabnehmer vergrößert[3]). Die Größe des Speichers läßt sich gegenüber dem reinen Nachtstrombetrieb um 72% verringern, wenn man sich mit 80% Nachtstromentnahme begnügt und den Rest von 20% mit spitzenfreiem Tagesstrom deckt. Demnach erscheint am zweckmäßigsten eine Anlage, die aus einem Durchlauferhitzer und einem hydraulisch parallel zu ihm geschalteten Speicher besteht, dessen Abmessungen jedoch nach den neueren Erkenntnissen nicht nur durch Vergrößerung des Wärmegefälles zwischen Vor- und Rücklauf der Anlage, sondern auch dadurch verringert werden, daß die mittels Nachtstromes speicherbare Wärmemenge nur bis zu einem gewissen Prozentsatz des maximalen Wärmebedarfes ausreicht. *Eb.*

1) Vgl. den vorstehenden Bericht.
2) Siehe Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) S. 355.
3) ETZ 60 (1939) H. 13, S. 402.

Verkehrstechnik.

DK 621.398-523.2 : 656.25

Induktive Zugbeeinflussung bei der Pariser Stadtbahn. [Nach P. Corrot, Rev. gén. Électr., 45 (1939) S. 201; 3 S., 5 Abb.]

Die Pariser Stadtbahn hat auf der Strecke Paris–Sceaux–Massy-Palaiseau induktive Zugbeeinflussung eingebaut, bei welcher die vierbegriffigen Streckensignale auf dem Führerstand von Lokomotiven und Triebwagen optisch und akustisch

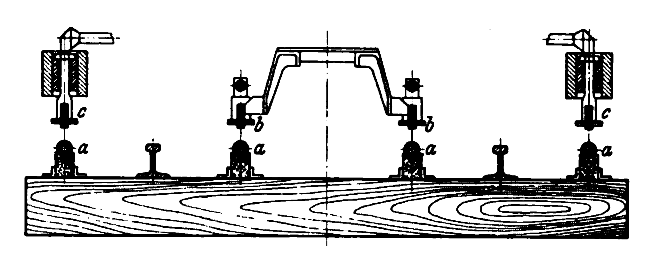


Abb. 4. Anordnung der Geber und Empfänger.

wiederholt werden. Es bedeuten hierbei auf dem Führerstand grünes Licht: freie Fahrt, weißes Licht und Summer: Vorwarnung, gelbes Licht und anderer tönender Summer: Warnung, rotes Licht: Halt. Für die Wiederholung eines jeden Signales ist auf dem Fahrzeug je ein Empfänger, auf der Strecke je ein zugehöriger Geber, insgesamt also vier Empfänger und vier Geber vorgesehen, deren Anordnung Abb. 4 zeigt. Der Geber, der 1,6 m lang ist, hat einen Eisenkern, der mit 1500 Windungen von 50 mm mittlerem Dmr. bewickelt ist; Kern und Wicklung sind zum Schutz gegen mechanische Beschädigung in ein Eisenrohr von 63 mm Dmr. eingeschoben. Der Geber, dessen Spule durch einen Kontakt an dem Signalrelais je nach Signalstellung an Spannung gelegt wird, nimmt bei Speisung mit Wechselstrom 100 V, 50 Hz 7 W auf. Der Kern des Empfängers ist mit einer Spule von 90 mm Höhe, 55 mm Breite und 120 mm Länge besetzt; seine Polschuhe liegen bei mittlerer Radreifenstärke 55 mm über den Sendern. Die beim Überfahren eines erregten Gebers in dem zugehörigen

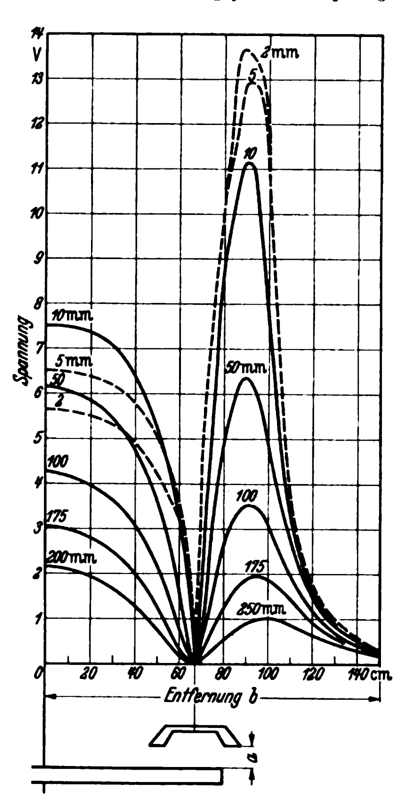


Abb. 5. Klemmenspannung am Führerstandrelais bei verschiedenen Abständen und Lagen von Geber und Empfänger.

Sender erzeugten Stromstöße werden über Trockengleichrichter einem Relais zugeleitet, das die Einschaltung des optischen und akustischen Führerstandsignals bewirkt. Für die Arbeitsweise dieser Zugbeeinflussung sind wichtig: der Abstand Geber–Empfänger, die Fahrgeschwindigkeit, der Einfluß von Klemmenspannungsänderungen am Geber und die Möglichkeit der Beeinflussung eines Empfängers durch einen anderen als den zugehörigen Geber. Abb. 5 zeigt die an dem Führerstandrelais erhaltenen Klemmenspannungen bei verschiedenen Abständen zwischen Geber und Empfänger und bei verschiedenen Lagen von Geber und Empfänger. Bei einem Abstand von 55 mm und bei 75 km/h wurde einwandfreies Arbeiten selbst bei einem

Digitized by Google

Abfall der Spannung an der Geberspule auf 50 V erzielt. Eine Beeinflussung durch einen nicht zugehörigen Geber tritt bei 100 V und 4 km/h (dies sind günstigste Voraussetzungen für die Induktionsbeeinflussung) nicht auf, wenn fremde Geber mindestens 33 cm seitlich des richtigen Gebers liegen. Die Fahrschienen stören bei 25 cm seitlichem Abstand nicht. Aus diesen beiden Bedingungen für Störfreiheit ergibt sich die Anordnung nach Abb. 4. Die Anlage hat bisher gut befriedigt. *Spi.*

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 621.689

Elektrisch angetriebene, magnetisch gestützte Vakuum-Ultrazentrifuge. [Nach J. W. Beams u. S. A. Black, Rev. scient. Instrum. 10 (1939) S. 59; 4 S., 5 Abb.]

Die mit Druckluft gestützten und angetriebenen Vakuum-Ultrazentrifugen haben neben ihren Vorteilen eine ziemliche Inkonstanz im Lauf und andere Betriebsschwierigkeiten, die durch die Druckluft als Antriebsmittel bedingt sind; diese werden von elektrisch betriebenen und durch Druckluft gestützten Ultrazentrifugen, bei denen die Geschwindigkeitsregelung selbsttätig erfolgt, teilweise vermieden, während der Nachteil des Luftbedarfes aber auch bei ihnen noch bestehen bleibt. Es wurde daher eine elektrisch betriebene und magnetisch gestützte Vakuumzentrifuge für Prüfzwecke entwickelt, die vom Wechselstromnetz über einen besonders durchgebildeten Frequenzumformer in Form eines Schwebungsgenerators mit Hochfrequenz für den asynchronen Antrieb gespeist wird und eine genaue Geschwindigkeitsüberwachung ermöglicht. Die umlaufenden Teile bestehen aus einem großen Läuferteil, der die eigentliche Zentrifugiereinrichtung darstellt, dem darüber befindlichen Läufer eines Asynchronmotors und einem kleinen Eisenstab, welche Teile gleichachsig übereinander in der genannten Reihenfolge an einer biegsamen Welle mit zwei entsprechenden Kugellagerungen angeordnet sind. Die Welle geht durch ein vakuumdichtes Öllager, das die um den Läufer befindliche Vakuumkammer abschließt. Ein senkrecht darüber befindlicher und mit dem Eisenstab gleichachsig angeordneter Elektromagnet wird mit Gleichstrom so gespeist, daß der durch ihn bewirkte Zug auf den Eisenkern etwas größer ist als das Gewicht der Läuferteile. Der Magnethub wird begrenzt durch einen geölten bronzenen Anschlag am Elektromagneten, gegen den das Stabende anstößt. Die Abgleichung wird so vorgenommen, daß ein Luftspalt von 0,2 bis 0,3 mm zwischen dem umlaufenden Eisen und dem feststehenden Polteil entsteht. Der Läufer des Zentrifugenmotors wird durch ein Drehfeld mitgenommen, das von einem piezoelektrisch gesteuerten mehrstufigen Röhrensender als Stromquelle erzeugt wird; dabei kann die Frequenz von 0 bis 5000 Hz stufenlos verändert werden, wodurch sich die Drehzahl der Zentrifuge entsprechend ändert. Mit dieser Bauart wurden Zentrifugenkörper bis rd. 150 mm Dmr. bis 1000 U/s mit sehr gleichbleibender Geschwindigkeit geschleudert; die drehzahlbeschränkende Berstkraft des Zentrifugenteiles wird bei 1200 U/s erreicht. Der Schlupf des Läufers beträgt bei diesen Drehzahlen nur wenige Hertz. Wicklungs- und Aufbauangaben sowie Ausführungshinweise der Zentrifugiereinrichtung vervollständigen den Bericht. *Tsch.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.396.812.3

Das zeitliche Auftreten des Dellinger-Effektes und seine Intensitätsverteilung auf verschiedene Funklinien. [Nach B. Beckmann, W. Menzel u. F. Vilbig, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. 27 (1938) S. 555; 5 S., 6 Abb.]

Die Verfasser behandeln eingangs die Frage der Periodizität des Dellinger-Effektes. Da offensichtlich ein Zusammenhang mit der Fackelbildung am Rande von Sonnenflecken besteht, rechnete man häufig mit einer Periode von etwa 27 Tagen, die der Rotationszeit der Sonne entspricht. Hierbei ist vorausgesetzt, daß die aktive Fleckengruppe während dieser Zeit erhalten bleibt. Die Verfasser bringen eine Zusammenstellung von in verschiedenen Teilen der Erde gemachten Beobachtungen hinsichtlich des zeitlichen Auftretens des Effektes. Hieraus ist klar ersichtlich, daß von einer Periodizität nicht die Rede sein kann. Dies hat wahrscheinlich folgende Gründe: 1. Während einer Umdrehung wandern die aktiven Fleckengruppen, 2. teilweise verlöschen sie oder es entstehen neue, 3. es ist festgestellt, daß nicht jede Fackelbildung einen Schwund zur Folge hat.

An Hand von Echolotungsmessungen zeigen die Verfasser, daß nicht allein eine unterhalb der E-Schicht sich ausbildende absorbierende Schicht den Schwund bewirkt, wie es Dellinger anfangs meinte, sondern die E-Schicht selbst eine erhebliche Ionisationsvermehrung erfährt. Anscheinend findet auch eine Beeinflussung höher gelegener Schichten statt, wenn auch in geringerem Maße.

Auf Grund von Beobachtungen, die auf der Funkempfangsstelle Zehlendorf der Deutschen Reichspost durchgeführt wurden, wird die Vermutung ausgesprochen, daß die Verschiedenheit in der Intensität des Kurzschwundes bei den einzelnen Funklinien zum Teil auf die Änderung des Reflexionsvermögens der leitenden Schichten in Abhängigkeit vom Einfallswinkel zurückzuführen ist. *B. Bn.*

DK 621.396.67.012.001.24

Berechnung des Strahlungswiderstandes einiger Dipolantennen. [Nach K. Fränz, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 24; 2½ S., 4 Abb.]

Formeln, die nur elementare Funktionen enthalten, werden kurz hergeleitet für die Strahlungswiderstände von Antennen, die im allgemeinsten Fall aus n Elementardipolen der Höhe h über ebener Erde bei gleich- oder gegenphasigem Spiegelbild, beliebiger Amplitude, Phase und gegenseitigem Abstand bestehen können. *eb.*

DK 621.317.313.004.6 : 621.396.621.5

Der Einfluß des Kraftwagens auf die Genauigkeit der beweglichen Feldstärkemeßeinrichtung. [Nach H. Dewitt u. C. Omberg, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 27 (1939) Nr. 1, S. 1; 4 S., 10 Abb.]

Es ist bekannt, daß Feldstärkemessungen in der Nachbarschaft von Metallmassen Fehlern unterliegen; über die Größe und Art der Beeinflussung bestehen jedoch Meinungsverschiedenheiten. Solche Abweichungen müssen sich auch ergeben bei der Anordnung von Feldstärkemeßeinrichtungen in Kraftwagen mit Metallaufbauten.

Folgende Fragen wurden untersucht: 1. Bestimmung der Fehlergröße mit Abhängigkeit von der Stellung des Wagens, der Anbringung der Rahmenantenne auf dem Wagen und von der Sendefrequenz; 2. Untersuchungen mit dem Ziel, eine Theorie aufzustellen, die Art und Größe der Beeinflussung grundsätzlich übersehen läßt; 3. Möglichkeit des selbsttätigen Ausgleichs solcher Fehler.

Zur Untersuchung diente ein sorgfältig geeichter linearer Empfänger, als Aufnahmeorgan ein kleiner Rahmen von rd. 10 cm Dmr. und 5 cm Länge, der statisch abgeschirmt und durch ein rd. 6 m langes konzentrisches Kabel mit dem Empfänger verbunden war. Rahmen und Zuleitung sind in die Anzeige des Empfängers eingeeicht.

Die Feldstärken von drei naheliegenden Sendern wurden in einem bestimmten Raum genau ausgemessen; es ergaben sich keine größeren Ungleichmäßigkeiten als 2 %. In diesen Raum wurden Kraftwagen mit verschiedenem Aufbau hineingebracht und die nunmehr vorhandene Feldstärkeverteilung ermittelt. Die Wagen wurden dabei einmal in Richtung zum Sender, das andere Mal quer zum Sender aufgestellt.

Grundsätzlich machte man drei Feststellungen:

1. Die Anwesenheit des Wagens bringt innerhalb des Raumes höhere oder niedrigere Feldstärken je nach der Stellung des Rahmens zum Wagen.

2. Die Größe des Fehlers ändert sich mit dem Winkel zwischen Fahrtrichtung des Wagens und der Richtung zum Sender. Es ist dabei gleichgültig, ob die Fahrtrichtung des Wagens auf den Sender zu oder vom Sender weg geht.

3. Der Fehler ist innerhalb des Bereiches von 650 bis 1470 kH frequenzunabhängig.

Eine Reihe Abbildungen zeigen die Änderung der Feldstärkeverteilung bei den einzelnen Wagentypen, es wurden Abweichungen von ± 30 bis 40 % gegenüber dem ursprünglichen gleichmäßigen Feld festgestellt. Sowohl in der Größe wie in der Richtung des Feldes zeigten sich Änderungen, die Richtungsänderung war jedoch vernachlässigbar oberhalb des Wagendaches.

Besondere Versuche zeigten, daß die Ursache für die Feldänderung in dem durch die magnetischen Kraftlinien in den Metallflächen induzierten Strom zu suchen ist. Das von diesem Strom herrührende Feld schwächt nach dem Lenzschen Gesetz das ursprüngliche Feld längs der Kraftlinien, die die Metallfläche schneiden, und verstärkt es außerhalb der Metallfläche durch die sich schließenden Kraftlinien. Die feldverändernde Wirkung von Kupfer und Eisen wurde innerhalb des Rundfunkbereiches als gleich groß gefunden.

Digitized by Google

Bei einem Wagen mit Holzaufbau wird man bei Anordnung des Rahmens auf dem Dach in der Regel frei von Meßfehlern sein, bei Wagen mit einem isolierenden Dacheinsatz im Metallaufbau liegt die Abweichung bei Anbringung des Rahmens in der Mitte des isolierenden Stückes bei rd. 5% und ändert sich mit der Stellung des Wagens. Bei Ganzmetallaufbau beträgt der Meßfehler mit einem viereckigen Rahmen mit rd. 40 cm Seitenlänge auf dem Dach 30% bei Stellung des Wagens in Richtung zum Sender und 10% bei Stellung quer zu dieser Richtung. Durch Anbringung von Kupferschirmen zu beiden Seiten des Rahmens in der Fahrtrichtung des Wagens konnte der Fehler unabhängig von der Stellung des Fahrzeugs zum Sender auf 10% herabgesetzt werden. *Mbs.*

DK 621.395.7 : 628.8

Vorschläge zur wirtschaftlichen Verringerung der relativen Luftfeuchtigkeit in kleinen Wählerämtern. [Nach K. O. Schmidt, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. 28 (1939) S. 54; 9 S., 10 Abb.]

Häufig zeigen sich in Fernsprech-, insbesondere in Wähleranlagen, Störungen und Schäden, die ausschließlich auf einen für derartige Anlagen ungünstigen Wassergehalt der Luft zurückzuführen sind. Es ist nicht, wie leicht angenommen wird, die absolute, sondern die relative Luftfeuchtigkeit, d. h. das Verhältnis von tatsächlich vorhandenem Wassergehalt zum Sättigungswert bei der gleichen Temperatur, bestimmend. Nach den Vorschriften der Deutschen Reichspost soll sich die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 45 und 75% bewegen. Bei Über- oder Unterschreiten dieser Grenzen können Fehlerursachen mechanischer, chemischer und elektrischer Art entstehen.

Zu hohe relative Luftfeuchtigkeit verursacht Quellungen und damit Verwerfungen der Isolation, Auftreten von Korrosionserscheinungen[1]) und insbesondere bei älteren Anlagen das Ausscheiden von Säuren aus den Isoliermitteln. Diese greifen die anliegenden Metalle an. Bei zu niedriger relativer Luftfeuchtigkeit führt die Schrumpfung der Isoliermittel zur Lockerung und Verschiebung der Metallteile z. B. bei Wählerkontaktbänken. Elektrische Fehler wirken sich in erster Linie bei zu hoher relativer Luftfeuchtigkeit aus, insbesondere durch Veränderung des Isolationswiderstandes und dadurch bedingtes Übersprechen. Bei langdauernder Feuchte kann die Isolation der Leitung durch Schwamm und Pilzbildung zerstört werden. Nicht vollständig säurefreie Werkstoffe beschleunigen den Vorgang. Dies wird heute allerdings durch den neuen LKKL-Draht aus deutschen Austauschstoffen vermieden. Langdauernde geringe Luftfeuchtigkeit gibt zu einer eigenartigen Störung Anlaß. Durch das häufige Vorbeistreichen der Wählerarme über die Kontaktbänke entsteht eine Hochglanzpolitur, deren Entstehen durch Staub beschleunigt wird. Der Übergangswiderstand kann dann unter Umständen ziemlich hohe Werte annehmen. Bei zu geringer relativer Luftfeuchtigkeit unter 45% ist es nicht mehr möglich, durch Einführung eines zusätzlichen Gleichstromes, dem Frittstrom, Abhilfe zu schaffen. Zusätzliche Luftbefeuchtung ist die einzige Möglichkeit. Die mittlere relative Luftfeuchtigkeit liegt in Deutschland fast durchweg über 75%. Im allgemeinen ist daher bei kleineren Zentralen eher mit einer zu hohen relativen Luftfeuchtigkeit zu rechnen. (Anm. des Ber.: Zu geringe relative Luftfeuchtigkeit ist häufig in solchen Anlagen festzustellen, deren Räume dem direkten Sonneneinfall [Südseite] ausgesetzt sind. Als sehr ungünstig sind auch Anlagen, die in Holzhäusern untergebracht werden, anzusehen). Zu hohe relative Luftfeuchtigkeit lassen sich entweder durch Chlorkalzium oder Silikagel oder auch durch Erhöhung der absoluten Raumtemperatur verringern. Vorgenommene Versuche zeigten, daß Temperaturerhöhungen um 2° C durchweg genügen, um eine Lufttrocknung von 10% zu erreichen. Bei Ummantelung der besonders empfindlichen Gestelle (Wählergestelle) mit einem Wärmeschutz kann die erforderliche elektrische Heizleistung auf ein Minimum gebracht werden. Als ausreichend haben sich Wärmeschutzplatten von 2 cm Dicke erwiesen. Die Versuchsergebnisse wurden durch die Rechnung bestätigt. Es wird vorgeschlagen, die Trockengleichrichter in das Unterteil der Gestelle einzubauen und die Verlustleistung des Gleichrichters zur relativen Lufttrocknung zu verwenden. Es ist jedoch zu erwarten, daß durch die gesamte technische Entwicklung die obere Grenze der relativen Luftfeuchtigkeit heraufgesetzt werden kann. Ansätze dazu sind vorhanden. Die Verlustwärme des Trockenplattengleichrichters kann auch dann noch zur Erhöhung der Sicherheit und zum Ausgleich höherer Feuchtigkeitsspitzen dienen. *mlr.*

[1]) O. Haehnel, ETZ 60 (1939) H. 24, S. 713.

Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.38.032.216

Die Emissionszentren auf der Oberfläche von Oxydkathoden. [Nach W. Heinze und S. Wagener, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 16; 9½ S., 17 Abb.]

Bekanntlich erfolgt die Elektronenemission bei Oxydkathoden von einzelnen, einige Hundertstel Millimeter großen Zentren aus, die sich während der Umwandlung des Karbonats in das Oxyd bilden. Die Ursache für das Auftreten dieser Zentren wird von W. Heinze und S. Wagener untersucht. Sie stellen zunächst fest, daß zufällige Entstehungsursachen, wie Anlagerung von Gasresten oder Fremdstoffen an die zwischen den Zentren liegenden Stellen, nicht in Frage kommen, da die Größe und Verteilung der Zentren nahezu unabhängig von dem Aktivierungszustand, der Lebensdauer und von willkürlich vorgenommenen Vergiftungen der Kathode ist. Von den durch die Eigenart der Schicht selbst bedingten Ursachen scheiden, wie die elektronenmikroskopische Untersuchung verschiedener Oxydschichten zeigt, die Schichtdicke und das Mischungsverhältnis der Oxyde aus. Einen starken Einfluß hat dagegen die Orientierung der Kristallflächen. Dies zeigt sich am deutlichsten, wenn einzelne Kristalle von etwa 0,1 mm Länge auf einem Nickelband befestigt und dann im Elektronenmikroskop untersucht werden. Die Kristallflächen zeigen gleichmäßig emittierende Flächen, aber, der wahllosen Orientierung entsprechend, von Kristall zu Kristall stark wechselnd. Die Kristallorientierung ist nur bei Schichten, die aus großen Kristallen ($> 10\,\mu$) bestehen, ausschlaggebend. Bei kleinerer Kristallgröße überwiegt der Einfluß der Rauhigkeit der Schicht. Eine kleinkristalline Paste ($0{,}5\,\mu$) wurde einmal durch Besprühen und einmal durch Kataphorese auf die Kathode aufgebracht. Das Lichtbild zeigt im ersten Fall eine ziemlich glatte, im zweiten eine stark aufgerauhte Oberfläche. Das Elektronenbild zeigt im ersten Fall ein weitgehendes Verschwinden der Emissionszentren, während im zweiten Fall trotz der kleinen Kristallgröße verhältnismäßig große, scharf voneinander abgegrenzte Zentren vorhanden sind. Die Ursache ist in der durch die Rauhigkeit bedingten Verschiedenheit der elektrischen Feldstärke über den einzelnen Flächenelementen zu suchen. Die Verfasser bestimmen noch den Unterschied der Austrittsarbeit an den am hellsten emittierenden Zentren und den dazwischen liegenden dunkeln Stellen, indem sie die Schwärzung dieser Stellen im Elektronenbild mit den Elektronenbildern einer Wolframbandkathode bei verschiedenen Heizströmen vergleichen. Sie finden als untere Grenze der Austrittsarbeitsunterschiede einen Wert von 0,4 V. *Br.*

DK 537.523.5

Untersuchungen über Hochstromkohlebögen I: Die Strom-Spannungs-Kennlinien verschiedener Hochstromkohlebögen. [Nach W. Finkelnburg, Z. Phys. 112 (1939) S. 305; 22 S., 11 Abb.]

Die meisten Untersuchungen über Gleichstrom-Kohlelichtbögen beschränken sich auf das Gebiet geringer Strombelastung der Anode bis etwa 50 A/cm². Hier werden nun als erster Teil einer Reihe von Untersuchungen über Hochstromkohlebögen die Strom-Spannungs-Kennlinien frei brennender Gleichstrombögen zwischen Homogenkohlen sowie zwischen verschiedenen Arten von Dochtkohlen im Bereich hoher Anodenbelastung (bis 280 A/cm²) in Abhängigkeit vom Kohledurchmesser bei verschiedener Bogenlänge sowie bei verschiedener Kohlenstellung (koaxiale und Winkelstellung) durch Messung von über 6000 Einzelwerten festgelegt. Dabei wird der Spannungsabfall an den Elektroden gesondert gemessen und berücksichtigt. Alle Bogenkennlinien zeigen nach dem bekannten fallenden Teil ein Brennspannungsminimum und bei sehr großer Belastung einen Anstieg, dessen Steilheit beim Beckbogen viermal so groß ist wie bei den übrigen Bögen. Der Homogenkohlebogen und der Kaliumsilikat-Dochtbogen treten bei großer Stromstärke in zwei Brennformen auf, deren Eigenschaften und Kennlinien untersucht werden. Die Messungen am Beckbogen ergaben, daß das Auftreten des durch einen plötzlichen Anstieg der Gasstrahlung gekennzeichneten Beckeffekts mit einem unstetigen Brennspannungsanstieg verknüpft ist, der in der Kennlinie als Knick erscheint. Die Stromstärken des Beckeffekts und des Brennspannungsminimums ändern sich proportional dem Durchmesser der positiven Kohle. Der Verlauf der Beckbogenkennlinie ist unabhängig von der Natur der verwandten Nagativkohle. Die Deutung dieses elektrischen Verhaltens der Hochstromkohlebögen wird besprochen. Die bald folgende zweite Mitteilung wird über die Strahlung der Hochstrombögen berichten. *Fkg.*

Digitized by Google

Physik.

DK 534.7

Die elektrischen Erscheinungen im Innenohr und ihre Stellung zu den Theorien des Hörens. [Nach J. A. Reboul, J. Phys. Radium 9 (1938) S. 428; 9 S., 5 Abb.]

Wever und Bray führten 1934 folgende Versuche durch: Sie legten eine Sonde an die Nackenmuskeln und einen zweiten sehr feinen Platindraht an das ovale oder runde Fenster des Innenohres. Die zwischen beiden Sonden bei Beschallung des Ohres auftretende Potentialdifferenz wird nach Verstärkung untersucht. Dabei ergibt sich, daß eine Wechselspannung derselben Frequenz entsteht, mit der das äußere Ohr beschallt wird. Die Form der Wechselspannung entspricht genau der Form der Schallwelle. Das Innenohr benimmt sich also genau so wie ein hochwertiges Mikrophon. Eingehende Untersuchungen von Adrian und Davis führten zu weiteren Feststellungen: Die in der Schnecke des Innenohres erzeugten Wechselspannungen stimmen für alle Frequenzen mit den Schallwellen genau überein. Die Ströme der Hörnerven stimmen mit den Schallwellen nur bis zu Frequenzen unterhalb 3000 Hz genau überein. Für höhere Frequenzen hat man noch Nervenimpulse auf Schalleinwirkung, aber unregelmäßig und nicht synchron mit dem Schall. Die Ströme in der Schnecke werden durch Betäubung, Kälte oder Tod nicht verändert, während die Nervenimpulse dann ausfallen. Bei Erregung mit mehreren Tönen ergeben die Schneckenströme einfach eine Summe der Einzeltöne, während in der Reaktion der Hörnerven eine Verdeckung auftritt. Bei Phasenumkehr der erregenden Schallwelle folgt die Schneckenspannung, der Nervenstrom dagegen nicht. Ferner ist aus zahlreichen klinischen Befunden zu schließen: Zur Aufrechterhaltung der Hörempfindung müssen die Basilarmembran und die Reißnersche Membran, welche die Endolymphe und die Perilymphe in der Hörschnecke trennen, unversehrt sein; ebenso müssen die chemischen Eigenschaften beider Flüssigkeiten unverändert sein. Von J. A. Reboul wird eine Erklärung der Beobachtungen in folgender Weise durchgeführt: Das Innenohr ist mit zwei leitenden Flüssigkeiten gefüllt, die durch eine isolierende Membran getrennt sind. Man hat so einen Kondensator, dessen Dielektrikum die Basilarmembran mit dem Cortischen Hörorgan darstellt und dessen Belegungen zwei leitende Flüssigkeiten verschiedener Zusammensetzung bilden. Druckänderungen der Basilarmembran infolge Schalleinwirkung bewirken Kapazitätsänderung und bei geschlossenem Kreis Stromänderungen. Physikalisch ist folgendes bekannt: Befindet sich eine von einem dünnen Isolator eingeschlossene leitende Flüssigkeit innerhalb einer zweiten Flüssigkeit, so tritt beim Anlegen einer Spannungsdifferenz eine Druckerniedrigung in der inneren und eine Druckerhöhung in der äußeren Flüssigkeit ein. Umgekehrt tritt bei einer Druckänderung eine Potentialänderung an den Flüssigkeiten auf. Es wird hieraus auf eine Änderung der Dicke und der Dielektrizitätskonstanten des Isolators geschlossen. Zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen wird angenommen, daß sich auf der Basilarmembran eine große Zahl parallelgeschalteter Kondensatoren befindet, deren eine Belegung durch eine Nervenfaser und deren Dielektrikum durch die Zelle des Cortischen Organs gebildet wird. Die oben genannten Beobachtungen lassen sich durch ein derartiges elektrisches System erklären, wenn man noch die für die Messungen von Wever und Bray benutzten Sonden als einen kapazitiven Stromschluß auffaßt. Es ist möglich, daß die Schwierigkeiten, die bei der einfachen Resonanztheorie unter der Annahme mechanischer Schwingungen der Basilarmembran und bei der Frequenztheorie mit Abhängigkeit der Tonhöhe von der Zahl der Nervenerregungen auftreten, durch diese Kombination von mechanischen und elektrischen Erscheinungen beseitigt werden, wobei die Ortstheorie für die höheren Frequenzen und die Frequenztheorie für die tieferen Frequenzen gilt. Zumindest scheinen diese elektrischen Erscheinungen in der Schnecke eine Verbindung zwischen der Schallaufnahme durch das Gehörorgan und der Wahrnehmung im Hörzentrum herzustellen. *Lü.*

DK 536.53 : 537.523.3

Temperaturmessungen in einer Glimmentladung. [Nach G. Rudolph, Z. Phys. 111 (1939) S. 523; 12 S., 12 Abb.]

Um die Temperatur in einer Glimmentladung zu messen, benutzt G. Rudolph einen quer durch die Entladung gespannten Bolometerdraht. Im allgemeinen werden die Temperaturen von Sonde und umgebendem Gas nicht übereinstimmen, da die Sonde nicht nur mit dem Gas durch Wärmeleitung, sondern auch mit dem Gefäß durch Strahlung im Wärmeaustausch steht. Daher wird der Draht zusätzlich elektrisch geheizt. Haben Draht und Gas dieselbe Temperatur, so muß der Draht den gleichen Widerstand wie ein gleicher und gleichgeheizter Draht im Vakuum haben, da dann in beiden Fällen Wärme nur durch Strahlung abgegeben werden kann. Der Widerstandsvergleich erfolgt in einer besonderen Brückenschaltung. Die etwas verschiedene Temperaturverteilung über den Draht im Vakuum und im Gas hat, wie die Theorie zeigt, keinen Einfluß. Dagegen können zusätzliche Energiequellen wie auf den Draht aufprallende Ionen, Elektronen und metastabile Atome oder die bei der Vereinigung von Elektronen und Ionen bzw. von dissoziierten Molekülen entstehende Wärme die Temperaturmessung verfälschen. Um einen Anhalt für die Größe dieser Einflüsse zu erhalten, wird der Bolometerdraht an verschiedenes Potential gelegt und damit die Zahl und Geschwindigkeit der auftreffenden Ionen und Elektronen geändert. Die Messungen wurden in Luft und Wasserstoff im anomalen Gebiet ausgeführt. Der Kathodendunkelraum hatte eine Dicke von 1,5 bis 3,5 cm. Das negative Glimmlicht bzw. der Faradaysche Dunkelraum reichte in allen Fällen bis zur Anode, da sich infolge der Breite des Gefäßes keine positive Säule ausbilden konnte. Die durch Veränderung des Sondenpotentials abgeschätzten maximalen Gastemperaturen zeigt Abb. 6 für

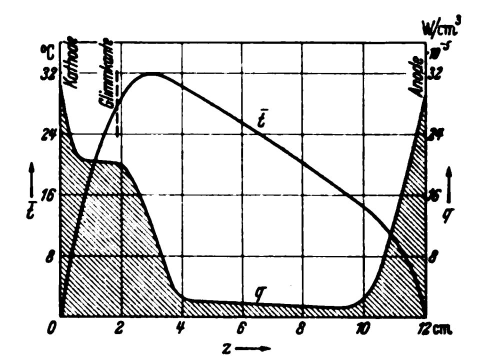


Abb. 6. Verteilung der Gastemperaturen t und Wärmeleistungsdichte q in Luft.

Luft. Der Charakter der Kurven ist in allen Fällen der gleiche: steiler Anstieg der Temperatur etwa bis zur Glimmkante, flacher Abfall zur Anode. Er ändert sich auch nicht mit der Gasart, wenn man die Dunkelraumdicke konstant läßt. Der Verfasser berechnet dann aus den gemessenen Temperaturen und den Gefäßabmessungen die Wärmemenge q, die dem Gas je cm³ und Sekunde durch die Entladung zugeführt werden muß, damit die Temperaturverteilung entsteht. Sie wird durch die einfache Formel

$$q = \lambda \left(- \frac{d^2 t}{d z^2} + \frac{12\, t}{3 - \left(\frac{l}{2 R} \right)^2} \right)$$

(λ Wärmeleitfähigkeit des Gases, z Abstand von der Kathode, l Drahtlänge, R Halbmesser des Gassylinders) gegeben, wenn der Gaszylinder sehr lang ist oder auch, wenn die Länge des Bolometerdrahts 92 % des Zylinderdurchmessers beträgt. Abb. 6 zeigt schraffiert die Verteilung der dem Gas durch die Entladung in Form von Wärme zugeführten Leistung. Die Hauptmenge wird im Dunkelraum zugeführt. Allerdings ist diese Leistung im Vergleich zu der durch dieses Gebiet tretenden elektrischen Leistung recht gering, nämlich nur etwa 1,5 % bei Luft und 4,5 % bei Wasserstoff. Dies liegt daran, daß die Wärme nur der ungerichtete Anteil der kinetischen Gesamtenergie der Moleküle ist, die Ionen jedoch vorzugsweise in Feldrichtung fliegen. Die von ihnen angestoßenen Moleküle haben daher ebenfalls diese Vorzugsrichtung und sind somit nur Puffer, über die der gerichtete Teil der Ionenenergie zu den Elektroden weitergeleitet wird. *Br.*

DK 537.523.4

Gleichzeitiges Ansprechen zweier parallelgeschalteter Funkenstrecken. [Nach P. H. McAuley, Electr. J. 36 (1939) S. 56; 1 S., 2 Abb.]

P. H. McAuley schaltet eine Kugelfunkenstrecke von 150 cm Dmr. und eine Stabfunkenstrecke parallel. Der Elektrodenabstand der Stabfunkenstrecke war 25,4 cm, die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke wurde von 12 auf 43 cm gesteigert. Werden nun diese beiden Funkenstrecken mit einer Stoßspannung von 3000 kV bei einem Spannungsanstieg von 5000 kV/µs überschossen, so spricht die Kugelfunkenstrecke allein an, wenn ihre Schlagweite kleiner als 14 cm ist, und die Spitzenfunkenstrecke allein, wenn die Schlagweite der Kugelfunkenstrecke größer als 41 cm ist. **In dem durch diese beiden**

Digitized by Google

Grenzen gegebenen Werte sprechen beide Funkenstrecken an. Dieser weite Bereich erklärt sich wohl dadurch, daß die Vorentladungen, die sich in der nicht durchschlagenen Funkenstrecke ausgebildet haben, durch die Fremdionisierung, die das Funkenlicht der durchschlagenen Funkenstrecke im Elektrodenraum der nicht durchschlagenen hervorruft, genügend verstärkt werden, um den Überschlag in ihr einzuleiten. Es sei in diesem Zusammenhang noch auf die Arbeiten von C. Brinkmann[1]) verwiesen, die dieser im Aachener Elektrotechnischen Institut über die Durchschlagsenkung in Luft durch Fremdionisierung durchgeführt hat. *Stl.*

Chemie.

DK 537.523.3 : 54

Zerlegung des Stickstoffperoxyds in der stillen Entladung. [Nach L. Grillet u. P. M. Duffieux, J. Phys. Radium 10 (1939) S. 82; 15 S., 9 Abb.]

Die Verfasser kommen zu dem Ergebnis, daß in der Glimmentladung die Zerlegung des Stickstoffperoxyds (NO_2) in folgenden Stufen erfolgt: Zuerst findet durch Elektronenstoß vorzugsweise eine Spaltung in NO und O statt nach der Gleichung $NO_2 \rightarrow NO + O$. Keines der Dissoziationsprodukte hat in dem Gemisch, das NO_2 noch im Überschuß enthält, eine lange Lebensdauer und wird weiter verarbeitet, so z. B. NO in N_2O_3 nach der Gleichung $NO + NO_2 \rightarrow N_2O_3$. Es entsteht so eine Mischung von zwei Teilen N_2O_3 mit einem Teil O_2, die noch etwas Stickstoff und alle seine Oxyde enthält. Anderseits wird O_2 dissoziiert und die O-Atome reagieren mit dem N_2O_3 nach der Gleichung $N_2O_3 + O \rightarrow N_2 + 2\,O_2$. In diesem Zustand ist das Gas eine Mischung von zwei Teilen O_2 mit einem Teil N_2 und mit Spuren der Stickstoffoxyde. Eine lange Lebensdauer haben lediglich die metastabilen aktiven N_2-Moleküle, deren Desaktivierung z. B. in Dreierstößen zum Nachleuchten und zu einer langsamen partiellen Zerspaltung der Stickstoffoxyde führt.

Anmerk. d. Ber.: Es mag dahingestellt bleiben, wieweit diese Schlußfolgerungen wirklich bündig und eindeutig sind. Aber von Interesse ist die Versuchsmethodik, die von den Verfassern benutzt wurde: Es wird in strömendem Gas gearbeitet und dadurch eine zeitliche Zerlegung der aufeinanderfolgenden Etappen angestrebt, und es wird vor allem die Analyse der Gaszusammensetzung hergeleitet aus einer sehr gründlichen spektralphotometrischen Untersuchung der von den einzelnen Teilen des Gasstromes ausgesandten (auch in einer schönen Wiedergabe beigegebenen) Bandenspektren. *Slg.*

DK 621.352

Die neusten Patenterteilungen für galvanische Elemente. [Nach L. Jumau, Rev. gén. Électr. 45 (1939) S. 397; 7 S., 11 Abb.]

Als Fortsetzung eines früheren Berichtes[2]) gibt der Verfasser eine Übersicht über die seitdem in Frankreich erteilten Patente für galvanische Elemente. Bei Elementen, die mit Luftsauerstoff als Depolarisator arbeiten, ist poröse Kohle der Überträger. Sie läßt sich auf ihre Eignung prüfen, indem man mit ihr eine 3prozentige Wasserstoffsuperoxydlösung zersetzt, den Temperaturanstieg und die Sauerstoffentwicklung mißt. Eine gut geeignete Kohle, welche starke Erwärmung und viel Sauerstoff in 5 min lieferte, gab auch im Element die beste Leistung, umgekehrt eine mit dem Wasserstoffsuperoxyd schwach reagierende Kohle eine schlechte Leistung. Statt die um den Kohlestift gepreßte Braunstein-Graphitmischung mit Gaze zu umwickeln und zu verschnüren, kann man die Puppe in einem wasserdurchlässigen Film durch Tauchen z. B. in eine Lösung von Polyvinylacetat in Alkohol und Aceton einhüllen; nach dem Trocknen kann das Tauchen wiederholt werden, um den Film zu verdicken. Ein anderes Patent ersetzt auch das zum Verdicken des Elektrolyten benutzte Mehl durch Zelluloseester. Z. B. werden 4 Teile Zellulosemethylester mit 100 Teilen Elektrolyt einige Minuten erhitzt, nach dem Abkühlen in den Zinkbecher gefüllt und dann wird die Puppe eingesetzt. Nach einigen Stunden ist der Elektrolyt erstarrt. Weitere Patente beziehen sich u. a. auf Füllelemente, Batterien mit flachen Elektroden, Vorrichtungen zum Einfüllen des Elektrolyten, Automaten zum Pressen und Paraffinieren der Puppen und Hülsen aus Preßstoff. *K. A.*

[1]) C. Brinkmann, Arch. Elektrotechn. 29 (1939) S. 326 u. Z. Phys. 111 (1939) S. 737.

[2]) L. Jumau, Rev. gén. Électr. 41 (1937) S. 785; ETZ 59 (1938) S. 5.

Werkstatt und Baustoffe.

DK 620.191.2 : 621.64

Vergleich von Rohrkorrosionserscheinungen bei elektrolytischer Prüfung und bei unmittelbarem Bodenangriff. [Nach I. A. Denison u. R. B. Darnielle, J. Res. Nat. Bur. Stand. 21 (1938) S. 819; 12 S., 3 Abb.]

Die Verfasser prüften die Aggressivität der verschiedensten Bodensorten. An einem 197 km langen Rohrleitungssystem hatten sie Gelegenheit, die tatsächlichen Korrosionswirkungen zu verfolgen und sie mit den im Laboratorium an elektrolytischen Korrosionsproben gewonnenen Ergebnissen zu vergleichen. Als ungefähres Maß für den Angriff wählten sie bei den Freilandversuchen die Anzahl der Löcher je Längeneinheit des Rohres und den Anteil der ausgebesserten bzw. neu ersetzten Rohre. Der Einfluß des Ausbesserns der schadhaften Stellen auf die Lochbildung wurde für verschiedene Böden untersucht: Wurde das Ausbessern unterlassen, so nahm die Lochzahl mit der Zeit schneller zu. Für die Laboratoriumsversuche wurden Bodenproben längs der Rohrleitung entnommen und als Elektrolyt in einer Korrosionszelle benutzt, deren Elektroden aus Stahl waren. Die durchschnittliche Stromdichte bei 0 bis 0,3 V wird als Maß für die Aggressivität der Böden genommen. Aus den Versuchsergebnissen sowohl im Freiland wie im Laboratorium geht hervor, daß der Angriff um so größer ist, je mangelhafter der Boden entwässert und je schwerer er ist. Dieses Ergebnis entspricht den bisherigen Kenntnissen von der Korrosion. Der große Säuregehalt und die hohe Leitfähigkeit schwerer und schlecht entwässerter Böden erklärt die vermehrte Lochbildung bzw. das Anwachsen der Stromdichte in der Korrosionszelle. Außerdem können die Korrosionserzeugnisse, die in gut durchlüfteten Böden durch Niederschlagen auf die korrodierte Fläche schützend wirken, diese Schutzwirkung in schlecht durchlüfteten Böden nicht mehr ausüben, da sie darin löslich bleiben. Auch eine hohe Salz- oder Säurekonzentration der Böden verhindert das Ausfällen der Korrosionserzeugnisse. Die nachteilige Wirkung des Inlösungbleibens der Korrosionserzeugnisse überwiegt die günstige Wirkung der starken kathodischen Polarisation, wie sie infolge von Sauerstoffmangel bei schlecht durchlüfteten Böden eintritt. Die Verfasser ordnen die untersuchten Böden nach den Ergebnissen der Freiland- und Laboratoriumsversuche in Gruppen nach steigender Angriffswirkung und finden eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung beider Versuchsreihen. Die Abweichung des Angriffsgrades, die sich beim Laboratoriumsversuch für einige Böden ergibt, ist weniger auf Fehlerhaftigkeit der Versuchsanordnung als auf die Schwierigkeit zurückzuführen, bei der Probenentnahme die tatsächliche Bodenzusammensetzung zu treffen. Die Änderung der Bodenbeschaffenheit mit der Tiefe ist oft erheblich, da häufig ein plötzlicher Wechsel von hohem Säure- zu hohem Alkaligehalt innerhalb einiger Zentimeter auftritt. *Mg.*

DK 621.315.616.9

Oppanol B, ein neuer polymerer Kohlenwasserstoff. [Nach A. Schwarz, Kunststoffe 29 (1939) S. 9; 5½ S., 12 Abb.]

Oppanol B gehört zu der Gruppe der Polymerisate, die nur aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen bestehen. Durch Abwandlung der Reaktionsbedingungen bei der Polymerisation lassen sich Produkte gewinnen, deren Molekulargewichte nach Staudinger zwischen 1000 und 300000 liegen. Die niedrigpolymeren Produkte stellen Öle von leichtflüssiger bis syrupartiger Konsistenz dar. Mit steigendem Molekulargewicht tritt allmählich zunehmende Verfestigung und Verstrammung ein. Die Polymerisate mit hohem Polymerisationsgrad sind äußerst elastisch. Folgende Polymerisate sind Handelsprodukte geworden:

Oppanol B 15	Molekulargewicht etwa 15000, eine zähe und klebrige, plastische Masse
Oppanol B 50	Molekulargewicht etwa 50000 von der Konsistenz plastizierten Rohkautschuks
Oppanol B 100 und B 200	Molekulargewicht etwa 100000 bzw. 200000 erinnert in seinen mechanischen Eigenschaften an nichtmastizierten Rohkautschuk.

Oppanol-B-Polymerisate besitzen sehr gute Alterungsbeständigkeit, Wasserunempfindlichkeit, hervorragende dielektrische Eigenschaften und gute Widerstandsfähigkeit gegen chemische Angriffe.

Die Oppanole B sind in Kohlenwasserstoffen, vorzugsweise der aliphatischen Reihe, löslich. Hierbei werden auch durch

Digitized by Google

kleine Zusätze bereits erhebliche Erhöhungen der Viskosität erhalten. Mit festen, verwandt aufgebauten Stoffen vertragen sich die Oppanole B ganz gut, wobei aber die Verträglichkeit mit steigendem Molekulargewicht abnimmt. So sind mit Paraffin und Guttapercha Stoffe mit guter Weichheit hergestellt worden. Bei Kombination von Oppanol B mit Bitumen wird sowohl eine Herabsetzung des Erstarrungspunktes als auch eine Erhöhung des Tropfpunktes bei gleichzeitiger Erhöhung der Dehnbarkeit erreicht.

Auch mit natürlichem und künstlichem Kautschuk[1]) lassen sich Mischungen herstellen, die manche Verbesserungen bringen. Geringe Zusätze von Kautschuk machen Oppanol-B-Mischungen standfester und verhindern den kalten Fluß bei gleichzeitiger Erhöhung der Festigkeit. Bei Zusatz von Oppanol B zu Kautschukmischungen gehen mit steigendem Anteil von Oppanol B die mechanische Festigkeit und die Elastizität zurück, während andere Eigenschaften z. B. Alterungsbeständigkeit, Wasserfestigkeit, Kältebeständigkeit, Ozonfestigkeit verbessert werden.

Besonders interessant sind Oppanol B 100 und B 200, die sich im wesentlichen durch den Polymerisationsgrad unterscheiden. Es sind praktisch geruch- und geschmackfreie, farblose Produkte, die außerordentlich dehnbar sind. Das spezifische Gewicht beträgt etwa 0,93. Sie sind über einem Temperaturbereich von — 50° bis + 100° C anwendbar und sehr beständig gegen chemische Angriffe. Gelöst bzw. gequollen werden diese Oppanoltypen durch Kohlenwasserstoffe, chlorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelkohlenstoff. Nicht löslich ist Oppanol B in niedrigen ein- und mehrwertigen Alkoholen, Estern und Ketonen. Pflanzliche und tierische Öle und Fette quellen Oppanol B.

Infolge ihres Aufbaues zeichnen sich diese gesättigten hochpolymeren Kohlenwasserstoffe durch besonders gute elektrische Eigenschaften aus (Zahlentafel 1).

Zahlentafel 1. Elektrische Eigenschaften von Oppanol B.

Meß-temp. °C	Frequenz kHz	Verlust-winkel	Dielektrizitätskonstante	Spez. Widerstand Ω cm	Durchschlagsfestigkeit kV
20	0,8	0,0004	2,3	> 10^{15}	23
85	0,8	0,0005	2,2	> 10^{15}	—
Frequenz in kHz		0,8	1200	2800	6700
Verlustwinkel bei 20 °C		0,0004	0,0011	0,0012	0,0015

Bei ihrer außerordentlich hohen Dehnbarkeit besitzen die Oppanole B 100 und B 200 nur eine mäßige Festigkeit, die sich durch Zusatz von Füllstoffen, insbesondere aktiven Füllstoffen, erhöhen läßt. Gegen längere mechanische Beanspruchung besteht eine größere Empfindlichkeit. So tritt bei niedrigen Temperaturen ein erheblicher Abbau zu Niedrigpolymeren ein. Versuche ergaben, daß bei Erhöhung der Temperatur durch wachsende Plastizität ein geringerer Abbau erfolgt; bei 140° C tritt praktisch kein Abbau mehr ein. Lichteinwirkung bewirkt bei dem reinen Polymerisat eine von der Oberfläche ausgehende allmähliche Zersetzung, die auf einer gleichzeitigen Einwirkung von Sauerstoff und Licht beruht. Schließt man den Sauerstoff ab z. B. durch Lackierung, so sind die Oppanole auch gut lichtbeständig. Als Lichtschutzmittel haben sich Pigmente, insbesondere aktiver Ruß, Montanharz A u. a. bewährt.

Die niedrigmolekularen Oppanole haben große Bedeutung als Verdickungs- und Weichmachungsmittel. So können sie wegen ihrer guten dielektrischen Eigenschaften z. B. an Stelle von Kolophonium als Zusatzmittel zu Öl verwendet werden. Als Weichmachemittel dienen sie vor allem in Verbindung mit Paraffinen, Wachsen, Bitumen, Guttapercha. Bitumen-Oppanol-Mischungen werden als Imprägnier-, Tränk- und Vergußmassen, Guttapercha-Oppanol-Mischungen als Isolationsmaterial herangezogen.

Die höhermolekularen Oppanole werden als Abdichtungs- und Auskleidungsstoffe für die Bau- und Kleidungsindustrie verwendet. Für Säureschutzanzüge usw. werden sie infolge ihrer Chemikalienfestigkeit empfohlen. In der Kabel- und Leitungsindustrie stellt Oppanol B infolge seiner dielektrischen Eigenschaften einen hochwertigen Isolierstoff dar. Die Deformierbarkeit läßt aber in vielen Fällen die Verwendung nur in Verbindung mit anderen Stoffen wie natürlichem und künstlichem Kautschuk, Polystyrol u. a. zu, wobei Isoliermassen mit verbesserten Eigenschaften erhalten werden. In der Gummiindustrie lassen sich durch Verarbeitung von Oppanol B Vorteile erzielen z. B. für wasserdichte Gewebe, für Doublierungen usw. Insbesondere werden hierdurch bessere Beständigkeiten gegen Ozon, Kälte, Wasser und Alterung erreicht. *Pno.*

[1]) Vgl. auch P. Nowak u. H. Hofmeier, „Über den Einfluß kautschukähnlicher Hochpolymerer auf die physikalischen Eigenschaften von Bunamischungen", Kautschuk 14 (1938) S. 193.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

DK 629. 12 (063)

40. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft.

In Hinblick auf den Kriegszustand hielt die Gesellschaft diesmal nur eine eintägige Arbeitstagung am 23. 11. in der T. H. Charlottenburg ab. Zum neuen Vorsitzenden an Stelle des ausscheidenden Geheimrat Schütte, der mit der Verleihung der Goldenen Medaille der Schiffbautechnischen Gesellschaft geehrt wurde, wurde Prof. Dr.-Ing. Schnadel gewählt. Unter den Vorträgen, die vornehmlich schiffbautechnischer Art waren, sprach Dr.-Ing. Benz, Köln, über „Das Synchronisieren von Schiffsmaschinen". Es sei bekannt, daß bei Schiffen mit mehreren Motoren, insbesondere bei leichtgebauten, flachgehenden Schiffen, oft schwebungsartige Erschütterungen auftreten. An den Erschütterungen sind häufiger die Propeller als die Motoren schuld. Um Schwebungen zu vermeiden, muß man für die gleiche Drehzahl der Motoren sorgen. Man muß synchronisieren. Es wird unterschieden zwischen zwangsläufigen Synchronisierungseinrichtungen, die mechanisch oder elektrisch sein können, und zwischen der Gleichlaufregelung. Bei den elektrischen zwangsläufigen Einrichtungen treiben die zu synchronisierenden Motoren außer dem Propeller je einen auf der Propellerwelle sitzenden Drehstromgenerator an. Letztere werden elektrisch parallel geschaltet, und dadurch wird der Gleichlauf erzwungen. Mehrere derartig synchronisierte Schiffe laufen auf dem Bodensee. Werden die Propeller durch Synchronmotoren angetrieben, wie auf dem KDF-Schiff „Robert Ley" und anderen turboelektrisch angetriebenen Schiffen, so entfallen die langen Propellerwellen. Damit die Synchronmotoren asynchron von selbst anlaufen können, erhalten sie eine zusätzliche Kurzschlußläuferwicklung. Die elektrischen Anlagen sind teuer und schwer, zumal die Generatoren zum mindesten für etwas mehr als die halbe Motorleistung bemessen werden müssen, wenn der Antrieb der Propeller über Wellen, und für die volle Motorleistung, wenn der Antrieb durch Synchronmotoren erfolgt. Derart hat man als eine neue Art des Synchronisierens die Gleichlaufregelung entwickelt, bei der Gleichlauf durch Beeinflussung des Kraftstoffverstellgliedes, bei Dieselmotoren der Einspritzpumpe erreicht wird. Der Vortragende schilderte die Entwicklung dieser Regelung, bei der ein Differentialgetriebe mit Umlaufgehäuse, das je nach der Drehung die Brennstoffzufuhr beeinflußt, zwischen die zu synchronisierenden Motoren geschaltet ist. Als Schrittmacher wird gewöhnlich eine der zu synchronisierenden Maschinen genommen, doch kann auch eine andere Maschine z. B. ein Elektromotor als Schrittmacher günstiger sein. Zusätzliche Dämpfungseinrichtungen gewährleisten einen pendelungsfreien stabilen Gleichlauf. Die Einrichtungen sind klein, beanspruchen wenig Raum und sind gering an Gewicht. Für Fahrgastschiffe sind sie besonders wertvoll, um Erschütterungen vom Fahrgast fernzuhalten und dadurch die Fahrt angenehm zu machen. *Pge.*

Verschiedenes.

Messehefte 1940 der ETZ. — In Heft 45 der ETZ S. 1296 hatten wir schon auf die Frühjahrsmesse in Leipzig hingewiesen. Zur Messe erscheinen wie 1939 zwei Messehefte der ETZ; sie sollen auf besonders gute und erfolgreiche technische Lösungen hinweisen. Wer also über ein wichtiges Erzeugnis seiner Fabrikation etwas mitzuteilen wünscht, wird gebeten, einen kurzen, möglichst druckfertigen Originalbericht (keine Werbeschriften, Prospekte usw.) an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, für redaktionelle Verwertung einzuschicken. Berichte, die nach dem 10. 1. 1940 eingehen, können nicht mehr berücksichtigt werden.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus. Fernsprecher: 34 88 85.

Operatorenrechnung

(nebst Anwendungen in Physik und Technik).

Herausgabe der Vortragsreihe „Die Operatorenrechnung und ihre Anwendung zur Lösung technischer Aufgaben" in Buchform.

Die vom VDE Bezirk Berlin gemeinsam mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin im Winter 1935 veranstaltete Vortragsreihe „Die Operatorenrechnung und ihre Anwendung zur Lösung technischer Aufgaben" ist von Professor Dr. phil. E. h. Karl Willy Wagner VDE in Buchform (XIV, 448 Seiten, 126 Abbildungen)[1]) herausgegeben worden.

Inhalt:

1. Die Operatorenrechnung nach Heaviside.
2. Die Operatorenrechnung als Funktionaltransformation.
3. Entwicklungssätze.
4. Aufgaben, die auf gewöhnliche lineare Differentialgleichungen führen.
5. Kettenleiter.
6. Volterrasche Integralgleichungen.
7. Aufgaben, die auf partielle Differentialgleichungen führen.
8. Reihenentwicklungen.

Der Preis des Buches, welches durch jede Buchhandlung zu beziehen ist, beträgt 27,60 RM, gebunden 29,60 RM.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs).

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
14. 12. 1939, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe „Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik": „Über geschwindigkeitsgesteuerte Laufzeitgeräte", Vortragender: Dr.-Ing. habil. H. E. Hollmann VDE.

Kabel und Leitungen. Stellvertr. Leiter: Dr.-Ing. W. Röhricht VDE.
18. 12. 1939, 18⁰⁰, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Über das Patentwesen auf dem Kabel- und Leitungsgebiet", Vortragender: Dipl.-Ing. A. Kahmann.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer:
Burghoff

Sitzungskalender.

VDE Bezirk Essen (gemeinsam mit dem Haus der Technik). 19. 12. (Di), 19⁰⁰, Haus der Technik: „Elektrischer Steuer- und Regelbetrieb in Hochdruckkraftwerken der Industrie". Dipl.-Ing. Dr. Brehm.

VDE Bezirk Köln. 15. 12. (Fr), 20⁰⁰, Lese-Gesellschaft: „Neue Fortschritte im wärmetechnischen Messen und Regeln". Dr. J. Krönert.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

K. Tober †. — Am 7. November 1939 starb in Karlshorst der technische Leiter des Kabelwerkes Oberspree, Herr Direktor Karl Tober. Er starb im Alter von 63 Jahren an den Folgen eines schweren Krankheitsanfalles, der ihn schon vor einigen Jahren traf, und gegen den er sich, bis zum letzten Tage an seinem Arbeitsplatz ausharrend, mit eiserner Energie gewehrt hat. Die AEG verliert mit ihm einen ihrer wertvollsten Mitarbeiter, dessen schöpferischer Geist und große Erfindungsgabe in den Einrichtungen des von ihm geleiteten Werkes überall zum Ausdruck kommen.

K. Tober †.

Tober war Sudetendeutscher und kam nach Besuch der Staatsgewerbeschule in Reichenberg und erfolgreicher Tätigkeit in der Automaten- und Werkzeugmaschinen - Industrie schon im Jahre 1905 zum Kabelwerk Oberspree. Hier hat er sich nicht nur durch die Schaffung einer großen Anzahl von Spezialmaschinen und Werkstätten außerordentliche Verdienste erworben, sondern auch durch den Bau des in den Jahren 1926/27 neu errichteten Kupferwalz- und Drahtwerkes, das ganz nach seinen Plänen und Ideen ausgeführt wurde. Auch über seinen eigenen Wirkungskreis hinaus ist sein Name bekannt geworden, in erster Linie durch die von ihm konstruierte „Tobersche Schnellflechtmaschine", die in zahlreichen Werken der Draht- und Kabelindustrie im In- und Auslande verwendet wird.

Karl Tober erfreute sich bei seinen Mitarbeitern großer Beliebtheit dank seines gerechten und fürsorglichen Sinnes und seiner beispielhaften Pflichttreue. Sein Andenken wird allen, die ihn kannten, unvergessen bleiben.

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Bemerkungen zu dem Aufsatz der Herren A. Matthias und W. Burkhardtsmaier: „Der Schutzraum von Blitzfangvorrichtungen und seine Ermittlung durch Modellversuche" in ETZ 60 (1939) H. 23, S. 681 u. H. 24, S. 720.

DK 551.594.22.001.5 : 621.315 : 621.316.98

Die Verfasser suchen die Entscheidung der Frage, von welcher tiefsten Blitzkopflage aus der Blitz auf die Einschlagstelle zusteuert, aus der Beobachtung künstlich erzeugter Funken im Laboratorium zu gewinnen. Ich bin der Ansicht, daß hierüber nur die Auswertungen von sicher festgestellten Einschlagstellen wirklicher Blitze in der Natur Aufschluß geben können. Solche Untersuchungen lehren, daß man mit häufig auftretenden Blitzkopflagen in Höhe der Erdseile bzw. knapp darüber zu rechnen hat. Die Versuche der Verfasser sind an Leitungsnachbildungen im Maßstab 1:100 durchgeführt worden. Will man die Ergebnisse der Modellversuche auf den praktischen Blitzschutz übertragen, dann muß man prüfen, ob sich auch die Erfahrungen mit natürlichen Einschlägen in die aus den Modellversuchen gewonnenen Gesetzmäßigkeiten einordnen lassen. Zur Zeit liegen die Ergebnisse anderer umfangreicher Modelluntersuchungen mit erheblich größeren Schlagweiten vor, die eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den Beobachtungen in der Natur zeigen [Mitt. d. Rosenthal-Isolatoren G m b H., Selb, (1939) H. 23]. Diese Versuche stellen eine weitere Bestätigung meiner Schutzraumtheorie dar.

München, 24. 6. 1939. A. Schwaiger VDE.

[1]) Vgl. den diesem Heft beigelegten Prospekt des Verlages Johann Ambrosius Barth, Leipzig.

Digitized by Google

Stellungnahme zur Zuschrift des Herrn A. Schwaiger.

Beobachtungen in der Natur müßten unbestreitbar den Modellversuchen vorgezogen werden, wenn derartiges Beobachtungsmaterial in solchem Umfang und unter klaren Nebenbedingungen zu beschaffen wäre, daß sichere Schlußfolgerungen aus ihm gezogen werden könnten. Bei der Seltenheit der Blitzeinschläge in völlig gleichartige Objekte und bei dem steten Wechsel der Nebenumstände ist es u. E. aber ganz ausgeschlossen, in absehbarer Zeit mit genügender Sicherheit den Vergleich zwischen dem Verhalten verschiedener Anordnungen und verschiedener Schutzmaßnahmen an ihnen zu ziehen. Auch die sachgemäße Beobachtung der Erscheinungen unter einheitlichen Gesichtspunkten ist bei den zufällig einsetzenden natürlichen Blitzschlägen nicht gewährleistet.

Diese Mängel haften den Modellversuchen nicht an. Hier kann man bequem 1000 und mehr Blitzschläge für die Untersuchung einer bestimmten Anordnung unter scharfer Beobachtung anwenden und dabei auch die Streuung der Versuchspunkte weitgehend in Betracht ziehen.

Wir sind daher der Meinung, daß man auf dem vorliegenden Gebiet den Modellversuch nicht entbehren kann, wobei man selbstverständlich ihn so naturwahr machen muß, wie es die Umstände erlauben. Wir haben, wie der erste Teil der Arbeit zeigt, uns sehr bemüht, diese Voraussetzungen zu schaffen, und glauben, mit gutem Gewissen sagen zu können, daß unseren Modellversuchen eine Berechtigung nicht abgesprochen werden kann. Übrigens hat ja auch Herr Prof. Schwaiger Modellversuche ausführen lassen und sich z. T. auf sie gestützt, sogar in der vorliegenden Stellungnahme zu unserer Arbeit.

Auch wir haben bedauert, daß wir unsere Versuche nicht in größerem Maßstabe haben durchführen können. Wir haben auch befürwortet, einen möglichst großen Maßstab zu wählen, allerdings nur, soweit das möglich ist, ohne die natürlichen Verhältnisse zu verzerren. In Fällen, in denen wir notgedrungen eine gewisse Verzerrung zulassen mußten, haben wir das unter Vorbehalt getan.

Ein Urteil darüber abzugeben, wie weit sichere und allgemein gültige Schlüsse aus dem von Herrn Prof. Schwaiger zu Auswertungen herangezogenen Beobachtungsmaterial abgeleitet werden können, geht u. E. über den Rahmen dieses Briefwechsels hinaus. Andererseits sind wir uns nicht bewußt, daß unsere Ergebnisse im Gegensatz zu natürlichen Beobachtungen stehen. Ein von anderer Seite durchgeführter Vergleich unserer Ergebnisse an zwei Mastkopfbildern (Abb. 18e und 19d) mit praktischen Erfahrungen an Leitungen hat gute Übereinstimmung ergeben (s. Grünewald, Bericht Nr. 323 an CIGRE 1939, S. 9.)

Babelsberg 2, 1. 11. 1939. Adolf Matthias VDE,
Wolfgang Burkhardtsmaier VDE.

Bemerkungen zum Aufsatz des Herrn W. Baumeister: „Der unmittelbare Blitzschlag bei Hochspannungs-Freileitungen und Erfahrungen mit Wünschelrutenuntersuchungen". ETZ 60 (1939) H. 30, S. 892.

DK 621.315.17.027.3 : 551.594.221 : 550.87

Zu dieser Arbeit ist von der „Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen" eine längere Stellungnahme eingegangen, weil nach ihrer Ansicht die mitgeteilten Beobachtungen des Herrn Baumeister auf Grund der Ergebnisse der jahrelangen Gewitterforschungsarbeit deutscher Elektrizitätswerke in der Studiengesellschaft teilweise eine andere Beurteilung erfahren müssen.

Ein im Gang befindlicher Briefwechsel konnte nicht zur endgültigen Klärung durchgeführt werden, da Herr Baumeister zur Zeit seiner Wehrpflicht nachkommt.

Die Wissenschaftliche Leitung
der ETZ.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.396.611.029.58

Der Kurzwellensender. Theoretische und praktische Grundlagen. 2. neubearb. Aufl. Von Dipl.-Ing. F. W. Behn und Dipl.-Ing. H. Monn. Mit 191 Abb., einem Anhang, IX u. 272 S. im Format A 5. Weidmannsche Verlagsbuchhandlung, Berlin 1939. Preis geb. 10,80 RM.

Das Buch ist von Praktikern für die Praxis der Funkfreunde und Bastler geschrieben, die sich mit Kurzwellensendern kleinerer Leistung beschäftigen wollen.

Die theoretischen Grundlagen bringt es in einfachster, oft primitiver, aber gerade dadurch für den Einzuführenden leicht verständlichen Form. Die Arbeitsweise der Drei- und Mehrelektrodenröhren im Kurzwellensender werden einer eingehenden Betrachtung unterzogen, wobei die Praxis wiederum im Vordergrund steht. Man findet Ausführungen über die verschiedenen Schwingzustände, Einstellung des richtigen Arbeitspunktes, Bedarf an Steuerspannung und -leistung und die Neutralisation. Dem Schwingkreis als energieübertragendem Bauelement ist ein eigenes Kapitel gewidmet. Der größte Teil des Buches ist den Bemessungs- und Aufbaufragen kleinerer Kurzwellensender vorbehalten. Hier finden sich eine Unzahl von praktischen Winken und Faustformeln, Angaben über Abmessungen, Windungszahlen usw., die ohne weitere Rechnung verwendbar sind. Fertige Geräte der Industrie und des Amateursenderbaus werden beschrieben.

Durch die zahlreichen praktischen Daten ist das Buch für alle diejenigen wertvoll, die sich mit Kleinsenderbaufragen beschäftigen müssen oder wollen, insbesondere für den Funkfreund, der dort wertvolle Anregungen findet. Der langjährige Fachmann wird dagegen weniger Neues finden.

Für eine Neuauflage erscheint es angebracht, den Bemessungsfragen der Schwingkreise und Spulen z. B. durch Nomogramme oder Kurvenscharen weitergehende und doch leicht anwendbare und übersichtliche Berechnungsunterlagen zu geben. Werner Slawyk VDE.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Kalender der Technik 1940. Herausg. im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure vom VDI-Verlag GmbH., Berlin 1939. Bearb. von Dr. M. Conzelmann. DIN A 5, Hochformat, 157 Blatt, davon 52 Sonntagsblätter auf Karton. Preis 2.50 RM.

[Der 1940 zum zweiten Male erscheinende Kalender der Technik bringt wiederum aus dem technischen Geschehen der Vergangenheit und Gegenwart 157 Blätter, die mit viel Geschmack und künstlerischem Verständnis zusammengestellt sind. Der Kalender wird sicher allen technisch interessierten Menschen — und wer ist das heute nicht — ein anregender Begleiter für das kommende Jahr sein.]

Betriebliches Vorschlagswesen. Aufbau, Einsatz und Erfahrungen nach dem von der Abt. „Organische Betriebsgestaltung" des Amtes für Berufserziehung und Betriebsführung erarbeiteten Material zusammengestellt und erläutert von A. Klöckner. Herausgeber: Der Reichsorganisationsleiter der NSDAP. Mit 119 S. im Format A 5. Lehrmittelzentrale der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1939. Preis geh. 1,80 RM.

Photowiderstände. Von Prof. Dr. H. Thirring und Ing. O. P. Fuchs. Mit 140 Abb., VIII u. 186 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1939. Preis kart. 15 RM.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Postrat Dipl.-Ing. F. Ellrodt, Prag, Verkehrsministerium, Reichsprotektor, Gruppe Post.
Dr.-Ing. H.-J. Helwig, Berlin-Schöneberg, Franz-Kopp-Str. 11.
Prof. Dr. F. Niethammer VDE, Prag I, Husova 5.
Dipl.-Ing. W. Kruse VDE, Rendsburg, Jungfernstieg 4.
Dr.-Ing. K. Reche, Berlin-Siemensstadt, Quellweg 56.
Dipl.-Ing. E. Siebert, Berlin-Siemensstadt, Geißlerpfad 5.

Abschluß des Heftes: 8. Dezember 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang — Berlin, 21. Dezember 1939 — Heft 51

Schutzgase im Elektroofen-Betrieb.

(Mitteilung aus dem Forschungsinstitut der AEG.)

Von F. Pawlek, Berlin.

DK 621.365.004.1

*Übersicht**). Die Arten und Herstellungsverfahren der Schutzgase werden besprochen. Auf Grund physikalisch-chemischer Berechnungen soll festgestellt werden, wie sich die verschiedenen Schutzgase zu den einzelnen Metallen verhalten. Die praktischen Nutzanwendungen dieser Berechnungen hinsichtlich der Wahl geeigneter Schutzgase werden für das Glühen von Eisen, legiertem und nichtlegiertem Stahl sowie von Kupfer und Kupferlegierungen gezeigt. Schließlich wird noch die Wechselwirkung zwischen Heizleiterwerkstoffen und Schutzgasen besprochen.

Das zu behandelnde Verfahrengebiet ist über den Elektroofen auf das engste mit der Anwendung der Elektrizität in der Metall verarbeitenden Industrie verknüpft. Die Verzunderung der metallischen Werkstoffe bedingt bei der Wärmebehandlung einen erheblichen Metallverlust. Die von der Bearbeitung herstammende blanke Oberfläche geht außerdem verloren. Das Abbeizen der Oxydschicht ist manchmal mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden und verbietet sich oft bei plattierten Werkstoffen, weil dadurch die Plattierungsschicht bereits zerstört würde. Bei legierten Werkstoffen können an der Oberfläche wichtige Veredelungsbestandteile herausbrennen, so daß die gerade stark beanspruchte Oberfläche ohne Nacharbeiten gar nicht mehr die angestrebten Leistungen aufweist. Einzelne Bestandteile der Atmosphäre können in den metallischen Werkstoff eindringen und hier durch Bildung von schädlichen Verbindungen die chemische Beständigkeit und das mechanische Verhalten zerrütten, welche Erscheinungen man unter dem Sammelnamen „Verbrennungserscheinungen" zusammenfaßt. Es liegt also sehr nahe, den Luftsauerstoff oder sonstige schädlichen Bestandteile der Ofenatmosphäre auszuschalten und durch eine völlig neutrale oder verbessernde Atmosphäre zu ersetzen; es mag aber seltsam erscheinen, daß trotz der Jahrhunderte alten Wissenschaft und Kunst von den Metallen ihre Einführung erst jetzt zur Debatte steht. Dabei ist aber zu bedenken, daß die Schaffung der hochhitzebeständigen Werkstoffe erst in die letzten Jahrzehnte fällt; das Schmiedefeuer als Glühgerät ist erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit verschwunden, um über den gasgefeuerten Ofen durch den Elektroofen ersetzt zu werden, der mit seinen sauberen Bedingungen die idealen und einfachen Möglichkeiten zur Ausschaltung schädlicher und Anwendung nützlicher Atmosphären schuf. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, daß eine Gasatmosphäre, wie sie durch Verbrennen von Leuchtgas entsteht, als Schutzgas völlig ungeeignet ist. Auch wenn durch besondere Vorrichtungen eine völlige Aufzehrung des Luftsauerstoffs erzielt wird — was bei den gasgefeuerten Öfen durchaus nicht immer der Fall ist — und durch Verwendung eines Unterschusses von Luft ein reduzierendes Gasgemisch erhalten wird, so ist dieses Gas nur für das Blankglühen von Kupfer verwendbar. Für alle anderen Metalle bedarf es einer gesonderten Aufbereitung der Verbrennungsprodukte des Leuchtgases, um sie für die Verwendung als Schutzgas geeignet erscheinen zu lassen. Wie die Aufbereitung und Reinigung im einzelnen aussieht, soll weiter unten beschrieben werden; sie ist natürlich nicht durchführbar bei direkt gasbeheizten Öfen, wo die Verbrennungsgase unmittelbar mit dem Glühgut in Berührung kommen. Erst in allerneuester Zeit sind Bestrebungen in Gang gekommen, um die durch den Elektroofen gebotenen Vorteile einer willkürlich zu wählenden Glühatmosphäre auch für gasgefeuerte Öfen durch indirekte Heizung nutzbar zu machen. So hat der Elektroofenbau in Verbindung mit dem Schutzgasglühen befruchtend auf den viel älteren Gasofenbau gewirkt.

Die Schutzgase und ihre Herstellungsverfahren.

Die Zahlentafel 1 gibt eine Zusammenstellung der gebräuchlichen Schutzgase. Wasserstoff ist das älteste

Zahlentafel 1. Zusammenstellung der gebräuchlichen Schutzgase.

Herstellungsart	Mischungsverhältnis mit Luft	Zusammensetzung							
		H_2 Vol%	CO Vol%	CO_2 Vol%	CH_4 Vol%	N_2 Vol%	H_2O g/m³	S g/m³	Preis je m³ in RM
Wasserstoff	—	100	—	—	—	—	—	—	0,50
Spalten von Ammoniak	—	75	—	—	—	25	0,1	—	0,30
Unvollkommene Verbrennung von Ammoniak	1 : 3 bis 1 : 3,5	10–2	—	—	—	90–98	20–0,1	—	0,18
Unvollkommene Verbrennung von Propan	1 : 14 bis 1 : 22	20–2	9–3	3–11	1–0	66–86	20–0,1	0,005	0,07
Unvollkommene Verbrennung von Leuchtgas	1 : 2 bis 1 : 4	20–2	10–3	4–10	1–0	66–86	20–0,1	0,06	0,015
Generatorgas	—	17	30	6	3	43	20	1,5	0,008

*) Vortrag, gehalten am 9. 5. 1939 im VDE-Bezirk Berlin (Fachgebiet „Elektrowärme").

Digitized by Google

bekannte Schutzgas. Je nach seiner Herstellungsart ist er verunreinigt durch Kohlensäure oder Sauerstoff und muß für manche Zwecke noch gereinigt werden. Durch Spalten von Ammoniak bekommt man ein sehr reines Gemisch von 75 % H_2 und 25 % N_2. Der Wassergehalt beträgt etwa 0,1 g/m³. Neben der großen Reinheit kommt noch die Bequemlichkeit der Speicherung des Schutzgases zur Geltung. Aus einer gleich großen Stahlflasche bekommt man zehnmal mehr gespaltenes Ammoniak als Wasserstoff heraus; fehlt also im Betriebe eine werkeigene Erzeugungsanlage für Wasserstoff, so ist dem gespaltenen Ammoniak unbedingt der Vorzug zu geben. Durch unvollkommene Verbrennung von Ammoniak kann man den oft unerwünscht hohen Wasserstoffgehalt auf 2 bis 10 % herabsetzen; der Wassergehalt richtet sich nach der Kühlung des verbrannten Gases: Durch Kühlung mit gewöhnlichem Leitungswasser sinkt der Wassergehalt auf 20 g/m³ und kann durch Tiefkühlung bzw. Trocknung mit Silicagel bis auf 0,1 g/m³ gebracht werden. Unvollkommene Verbrennung von Propan führt zu einem Gemisch aus Wasserstoff, Wasserdampf, Kohlenoxyd, Kohlensäure, Stickstoff und unter Umständen Methan. Für den Wassergehalt gilt das oben Gesagte. Das Gas enthält außerdem nur Spuren von Schwefel. Unvollkommene Verbrennung von Leuchtgas gibt ein praktisch identisches Gasgemisch wie unvollkommene Verbrennung von Propan, wenn die Verbrennungsluft entsprechend bemessen wird. Unter Umständen kann schließlich noch Generatorgas als Schutzgas verwendet werden, wobei allerdings unbedingt eine Entschwefelung des Gases durchgeführt werden muß.

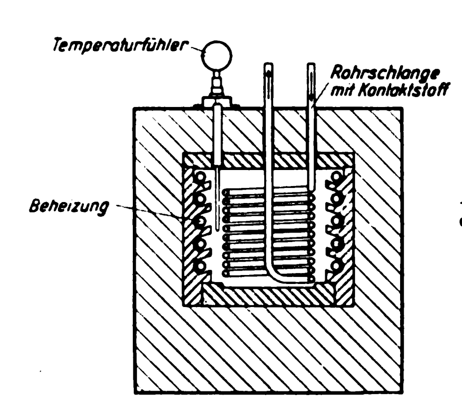


Abb. 1. Schutzgaserzeuger für Ammoniakzerlegung.

Wie diese Schutzgase praktisch hergestellt werden, soll an Hand von Abbildungen gezeigt werden. Zunächst sieht man in Abb. 1 eine Vorrichtung zum Spalten von Ammoniak. Sie ist außerordentlich einfach. Das Gas wird durch eine Spirale aus hitzebeständigem Stahl geleitet. In der Spirale befindet sich ein Katalysator — hauptsächlich fein verteiltes Eisen — auf einer Trägersubstanz aufgebracht. Die Spirale wird von außen her auf etwa 800 ° bis 900 ° C erhitzt, dabei zerfällt das Ammoniak fast vollständig in seine Bestandteile. Ein Wärmeaustauscher sorgt für einen geringen Energieverbrauch. Wird ein wasserstoffärmeres Gas gewünscht, so kann man Ammoniak mit einer ungenügenden Menge Luft verbrennen (Abb. 2). Diese Verbrennung geht aber sehr schlecht vonstatten, wenn man nicht vorher das Ammoniak in seine Bestandteile spaltet. Es gelingt aber trotzdem, diese Verbrennung auch ohne Zwischenstufe durchzuführen, wenn man über einen Katalysator verbrennt. Ein Gemisch aus Ammoniak und Luft wird über ein erhitztes Nickeldrahtnetz geleitet, wodurch Zerfall und Verbrennung des Ammoniaks gleichzeitig vor sich gehen. Es sind weiter noch Vorrichtungen vorgesehen, die es gestatten, Sekundärluft einzublasen und den Wasserstoffgehalt weiter abzusenken. Wie aus der Zahlentafel 1 hervorgeht, sind gespaltenes und unvollkommen verbranntes Ammoniak relativ teure Schutzgase. Man hat deshalb Regenerationsverfahren ausgearbeitet, die das Gas aus dem Ofenraum absaugen, den verunreinigenden Sauerstoff durch Verbrennung entfernen, das gebildete Wasser ausscheiden und dieses vollwertige Gas

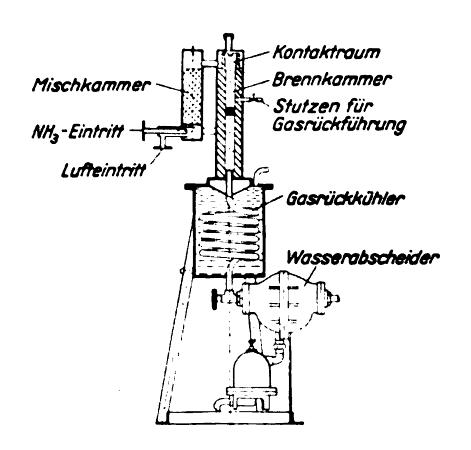


Abb. 2. Schutzgaserzeuger für Ammoniakverbrennung.

dem Ofen erneut zuführen (Abb. 3). Bei entsprechender Bauart des Ofens gelingt es so, den Schutzgasverbrauch auf etwa den zehnten Teil zu vermindern. Zur unvollkommenen Verbrennung von Leuchtgas bzw. Propan wurde ein besonderes Gerät geschaffen (Abb. 4). Gas und Luft werden von einer Pumpe angesaugt und gemeinsam zu einem Brenner geführt. Das Gasgemisch verbrennt in einem Raum aus feuerfestem Werkstoff und wird dann noch über einen Katalysator geleitet, dessen Hauptzweck es ist, die Verbrennung vollständig zu gestalten. Das Gas wird durch einen Kühler geleitet, um das überschüssige Wasser zu kondensieren. Das Kondensat wird in einem Wasserabscheider aus dem Gasstrom entfernt und durch ein Ventil ins Freie geleitet.

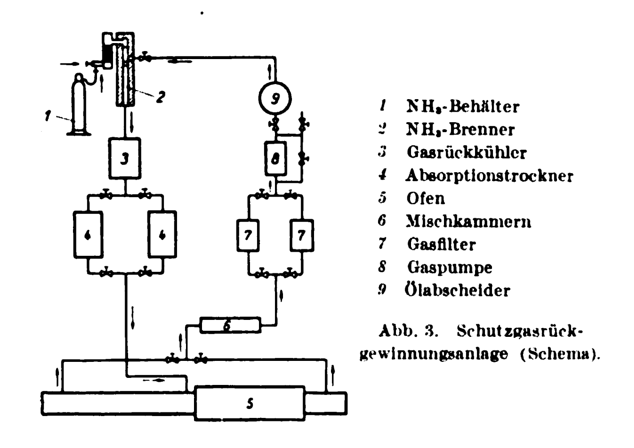


Abb. 3. Schutzgasrückgewinnungsanlage (Schema).

Verhalten der Schutzgase zu den Metallen.

Die Schutzgase enthalten entweder nur reinen Wasserstoff oder auch dazu noch Kohlendioxyd, Wasserdampf und Schwefelverbindungen. Bevor das Verhalten der einzelnen Metalle besprochen wird, soll kurz gezeigt werden, wie man sich durch Berechnung einen Überblick über das chemische Verhalten der Reaktionspartner schaffen kann. Als hauptsächliche Reaktionen kommen in Frage:

$$\text{me} + H_2O \rightleftarrows \text{me O} + H_2 + Q_1 ,$$
$$\text{me} + CO_2 \rightleftarrows \text{me O} + CO + Q_2 ,$$
$$\text{me} + H_2S \rightleftarrows \text{me S} + H_2 + Q_3 .$$

Digitized by Google

Es liegt nun im Wesen jeder chemischen Reaktion, daß der Umsatz der Ausgangssubstanzen niemals vollständig ist. Die Reaktion kommt stets zum Stillstand, bevor die gesamte Ausgangsmenge sich umgesetzt hat; die einzelnen Reaktionspartner stehen dann im Gleichgewicht. Für gewöhnlich ist der Umsatz fast vollständig, aber wir werden gerade hier Fälle kennenlernen, wo die Reaktion sozusagen in der Mitte stecken bleibt. Die Lage des chemischen Gleichgewichtes, d. h. der Grad der Unvollständigkeit des Reaktionsverlaufes, ist nun keineswegs durch die reagierenden Stoffe an sich festgelegt, sondern hängt außerdem von dem Mengenverhältnis ab. Das chemische Massenwirkungsgesetz ist der mathematische Ausdruck für diese Naturgegebenheit. Es besagt, daß das Verhältnis der Konzentrationen der Ausgangsstoffe zu den Konzentrationen der Endprodukte konstant ist. Da wir es im vorliegenden Falle nur mit Gasen zu tun haben, können wir an Stelle der Konzentrationen die Partialdrucke der Gase setzen, und es besteht dann die Beziehung

$$\frac{p_{H_2}}{p_{\text{verb}}} = \text{konstant.}$$

Die Konstanz gilt aber nur für eine bestimmte Temperatur. Weitere thermodynamische Überlegungen führen dazu, daß man dieses Verhältnis der Partialdrucke der

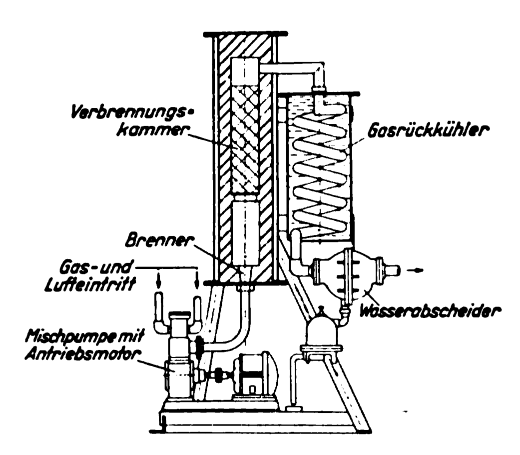


Abb. 4. Schutzgaserzeuger für unvollständige Verbrennung von Leuchtgas oder Propan.

Ausgangs- und Endstoffe in Abhängigkeit von der Temperatur berechnen kann. Es ergibt sich die Gleichung

$$\log \frac{p_{H_2}}{p_{\text{verb}}} = -\frac{Q}{R\,T} + \sum i,$$

wobei Q die Wärmetönung der Reaktion ist, R die Gaskonstante, T die absolute Temperatur und i eine den reagierenden Stoffen zugeordnete Konstante bedeutet. Die Wärmetönung Q ist genau, die Integrationskonstante i nur angenähert bestimmt. Es kommt in unserem Falle aber auch gar nicht auf eine exakte Berechnung des Gleichgewichtes an, sondern wir wollen uns nur einen Überblick verschaffen. In der Abb. 5 ist auf der Ordinate das Verhältnis des Wasserstoffdruckes zum Wasserdampfdruck aufgetragen und auf der Abszisse die Temperatur. Die Kurve gibt diejenigen Verhältnisse von Wasserstoff zu Wasserdampf in Abhängigkeit von der Temperatur an, bei welchem sie gerade im Gleichgewicht mit einem Gemisch aus Metall und Metallverbindung stehen. Befinden wir uns mit der Gaszusammensetzung bei einer bestimmten Temperatur rechts von der Kurve, so heißt das, daß das Metall von den angreifenden Gasbestandteilen Wasserdampf, Kohlensäure oder Schwefelwasserstoff nicht angegriffen wird. Befinden wir uns hingegen mit der Gaszusammensetzung bei einer bestimmten Temperatur links von der Kurve, so wird das Metall angegriffen. Es ist nun klar, daß die Schutzgaszusammensetzung so beschaffen sein muß, daß das angreifende Gas nicht nur bei der Glühtemperatur das

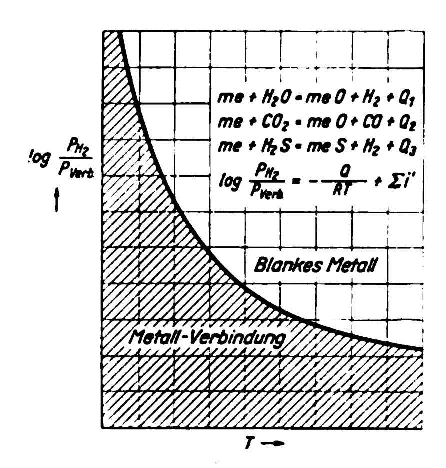


Abb. 5. Schematische Darstellung des Gleichgewichtes zwischen Gasmischungen, Metallen und Metallverbindungen in Abhängigkeit von der Temperatur.

Metall nicht schädigt, sondern auch während der Abkühlung bis auf Zimmertemperatur das Glühgut nicht angreift. Diese sehr weitgehende Forderung wird durch die Tatsache gemildert, daß die Gleichgewichtslage nicht allein die Angreifbarkeit eines Metalles bedingt, sondern auch die Reaktionsgeschwindigkeit bei der betreffenden Temperatur eine entscheidende Rolle spielt. Bei Wasserdampf liegt die Grenze einer endlichen Reaktionsgeschwindigkeit bei 350 ° C; darunter erfolgt innerhalb der kurzen Abkühlzeit des Glühgutes keine Oxydation mehr. Das Kohlensäuremolekül ist noch viel träger; unterhalb 600 ° C greift es Metalle nicht mehr an. Nur der Schwefelwasserstoff ist auch bis auf Zimmertemperatur herunter ein angreifender Bestandteil des Schutzgases.

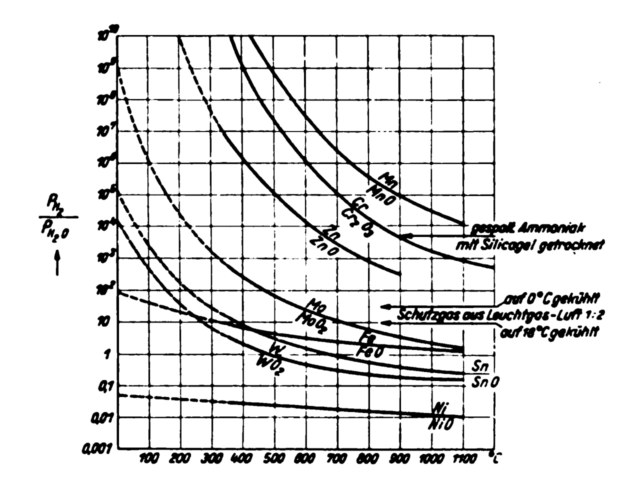


Abb. 6. Gleichgewichtsdrucke von H_2—H_2O-Mischungen mit Metalloxyden in Abhängigkeit von der Temperatur.

In der Abb. 6 sind nun die Gleichgewichtsdrucke von Wasserdampf- und Wasserstoffmischungen mit Metalloxyden in Abhängigkeit von der Temperatur wiedergegeben. Für die gebräuchlichsten Metalle erstreckt sich dieses Schaubild über nicht weniger als 12 Zehnerpotenzen des Verhältnisses Wasserstoff zu Wasserdampf. Auf der rechten Seite sind die Wasserstoff-Wasserdampf-Verhältnisse eingetragen, wie sie sich bei der praktischen Herstellung von Schutzgasen ergeben. Mit normal

Digitized by Google

gekühltem Schutzgas aus Leuchtgas gelingt es ohne weiteres, die Metalle Eisen, Zinn, Wolfram und Nickel blankzuglühen. Für Molybdän jedoch ist bereits eine ziemlich weitgehende Trocknung des Schutzgases notwendig. Ausgesprochen schwierige Metalle hinsichtlich ihrer Angreifbarkeit durch Wasserdampf sind Zink,

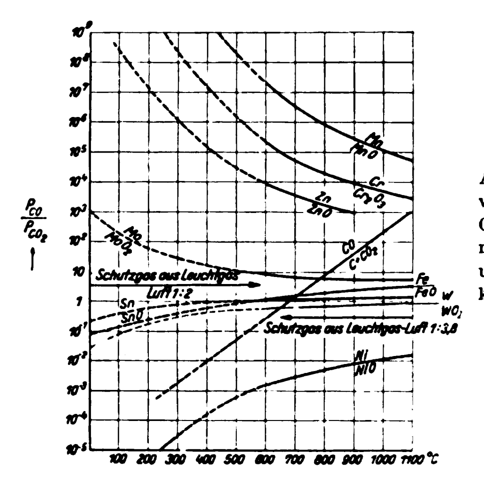


Abb. 7. Gleichgewichtsdrucke von $CO—CO_2$-Gemischen mit Metalloxyden und C in Abhängigkeit von der Temperatur.

Chrom und Mangan. Hier gelingt es auch durch außergewöhnliche Trocknungsmaßnahmen wie Abkühlen des Gases auf – 40 ° nicht, die 350 °-Grenze der Nichtangreifbarkeit zu erreichen. Allerdings hat die schädliche Menge des Wasserdampfes im Gase eine praktische Grenze, denn es kommt nicht nur auf die Gleichgewichtslage, sondern auch auf die absolute Menge des angreifenden Gases an. Ist zu wenig davon vorhanden, so kann keine sichtbare Oxydhaut erzeugt werden. Wo diese Grenze liegt, soll später durch praktische Versuche gezeigt werden.

In der Abb. 7 sind die Gleichgewichtsdrucke von Kohlenoxyd-Kohlensäure-Gemischen mit Metalloxyden und Kohlenstoff in Abhängigkeit von der Temperatur wiedergegeben. Links ist das Verhältnis von Kohlenoxyd zu Kohlensäure aufgetragen, rechts sind wieder zwei Kohlenoxyd-Kohlensäure-Verhältnisse markiert, wie sie in der Praxis erhalten werden. Bei einem Schutzgas aus Leuchtgas-Luft im Verhältnis 1 : 2 können Eisen, Zinn, Wolfram und Nickel ohne weiteres blankgeglüht werden, während die Metalle Mangan, Chrom und Zink wieder ganz außergewöhnlich niedrige CO_2-Gehalte des Schutzgases fordern. Daraus ergibt sich, daß man die Gase bereits von vornherein so herstellen oder sie nach der Herstellung so reinigen muß, daß die oben gezeigten Verhältnisse vorhanden sind. Dies genügt aber nicht immer, es muß auch die Möglichkeit ausgeschaltet werden, daß sich schädliche Zusammensetzungen und Verhältnisse während des Glühens im Gase ausbilden können. Dies wollen wir betrachten im Falle der Reaktion $2\,CO = CO_2 + C$. Links von dieser Kurve ist Kohlenoxyd beständig, rechts von der Kurve zerfällt ein Teil des Kohlenoxyds in Kohlenstoff und Kohlensäure. Dieser Zerfall beim Schutzgas aus Leuchtgas-Luft geschieht unterhalb etwa 750 °, das heißt, Eisen würde unterhalb dieser Temperatur verrußen. Nun verläuft aber auch diese Reaktion bei tiefen Temperaturen bereits sehr träge und bedarf eines Katalysators. Dieser Katalysator liegt sehr oft in dem Legierungsbestandteil Nickel vor. Werden also nickelhaltige Legierungen oder nickelplattierte Werkstoffe geglüht, so ist ein besonderes Augenmerk auf diese Reaktion zu richten bzw. ist die Schutzgaszusammensetzung so zu wählen, daß die Abscheidung von Kohle erst bei Temperaturen unterhalb 600 ° vor sich gehen kann, denn unterhalb dieser Temperatur versagt die katalytische Wirkung des Nickels, die C-Abscheidung ist damit verhindert.

Auch in anderer Hinsicht ist diese Reaktion bemerkenswert. Man könnte aus einem Schutzgas aus Leuchtgas durch Waschen mit Kalk die Kohlensäure vollständig entfernen und hätte dadurch theoretisch die Möglichkeit, auch die Metalle Zink, Chrom oder Mangan in einem solchen nur mehr Wasserstoff und Kohlenoxyd enthaltenden Gas zu glühen. Dies ist aber zwecklos, denn bei den Glühtemperaturen zerfällt ein Teil des Kohlenoxyds entsprechend der Gleichgewichtsbeziehung in Kohlenstoff und Kohlensäure. Wie aus der Abb. 7 hervorgeht, liegt dieses Gleichgewicht auch bei den höchsten Glühtemperaturen noch immer unterhalb der Gleichgewichtskurve von Mangan und Chrom. Es ist also unmöglich, mangan- und chromhaltige Legierungen in einem durch unvollkommene Verbrennung von Leuchtgas bzw. Propan erhaltenen Schutzgas zu glühen, auch wenn dieses Gas sorgfältig von Wasserdampf und Kohlensäure befreit wird. Für zinkhaltige Legierungen treffen diese Überlegungen nur bedingt zu, da im allgemeinen diese wohl kaum über 600 ° geglüht werden. Bei Chrom- und Manganlegierungen aber kommt als Glühatmosphäre nur noch Wasserstoff oder gespaltenes oder verbranntes Ammoniak in Betracht.

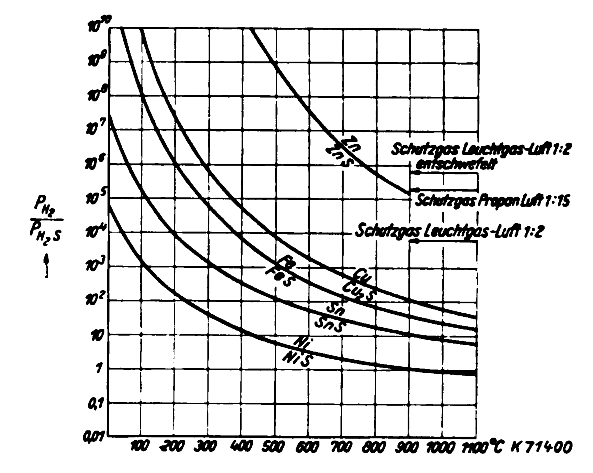


Abb. 8. Gleichgewichtsdrucke von $H_2—H_2S$-Gemischen über Metallsulfiden in Abhängigkeit von der Temperatur.

Auf einen sehr gefährlichen Bestandteil sei schließlich noch hingewiesen, auf den Schwefel. Vorausgeschickt sei folgende unangenehme Tatsache: Der Schwefelgehalt des Schutzgases aus Leuchtgas besteht zum Teil aus Schwefelwasserstoff, zum Teil aus Schwefelkohlenstoff. Der Schwefelwasserstoff läßt sich durch die von der Leuchtgasfabrikation her bekannten Verfahren leicht und vollständig entfernen, der Schwefelkohlenstoff jedoch nicht. Es besteht nun folgende Reaktion:

$$CS_2 + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2S\,.$$

Unglücklicherweise wird diese Reaktion durch die meisten Metalle in der Richtung nach Schwefelwasserstoff hin katalysiert. Man ist also gezwungen, den Gesamt-Schwefelgehalt des Schutzgases in Rechnung zu setzen. Bei einem normalen, nicht gereinigten Schutzgas aus Leuchtgas wird die Gleichgewichtsgrenze bei Kupfer und Eisen bereits bei ziemlich hohen Temperaturen erreicht (Abb. 8). Man ist daher gezwungen, dieses Schutzgas weitgehend zu entschwefeln. In einem gesonderten Katalysatorofen wird der Schwefelkohlenstoff vollständig in Schwefelwasserstoff umgewandelt und dann in besonderen Absorptionskästen entfernt. Mit Hilfe eines so gereinigten Schutzgases ist es dann möglich, Eisen und Kupfer ohne weiteres blankzuglühen. *(Schluß folgt.)*

Digitized by Google

Neue Bildtelegraphiegeräte.

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium der Siemens & Halske A.-G.)

Von K. Reche, Berlin.

(Schluß von S. 1417.)

DK 621.397.6

4. Störungsbekämpfung.

a) Fremdspannungen und Spannungsschwankungen.

Neben Auflösungsvermögen und Tonwerttreue ist die Störungsfreiheit die dritte Grundforderung, der hochwertige Bildtelegraphiegeräte genügen müssen. Als Fehlerursachen bei Bildübertragungen kommen einerseits Fremdspannungen und Spannungsschwankungen, anderseits Gleichlauf- und Phasenfehler in Betracht. Untersucht man zunächst die erste Art der Störungen, so erkennt man, daß schon verhältnismäßig geringe Störströme sich sehr schädlich auswirken können, da sie von dem Empfangsverstärker wie Bildfrequenzen behandelt werden, so daß beispielsweise durch einen Störstrom konstanter Frequenz periodische Helligkeitsschwankungen entstehen. Für derartige Störmuster ist das Auge außerordentlich empfindlich. Abb. 7 zeigt eine durch eine Fremdspannung von etwa 1320 Hz gestörte Übertragung, bei der man deutlich ein Störmuster von etwa 20 Hz erkennt. Diese Frequenz entspricht dem Abstand des Störtones von dem Bildtelegraphieträger. Um derartige Fremdspannungen zu vermeiden, muß man hochwertige Leitungen benutzen und die Geräte einwandfrei ausführen. Bei Bildtelegraphiegeräten, die mit Netzanschluß arbeiten, ist für eine gute Glättung der Spannungen zu sorgen. Darüber hinaus werden aber auch an die Spannungskonstanz sehr hohe Anforderungen gestellt. Das gilt besonders für die Lampenspannungen, da das von einer Glühlampe ausgestrahlte Licht etwa der vierten Potenz der Spannung verhältnisgleich ist. Bei den neu entwickelten Netzanschlußgeräten werden magnetische Spannungsregler mit zusätzlichem Frequenzausgleich benutzt. Durch diese wird beispielsweise die Lampenspannung eines Empfängers bei einer Netzspannungsschwankung von ± 10 % und einer Frequenzschwankung von ± 5 % auf 0,5 % konstant gehalten.

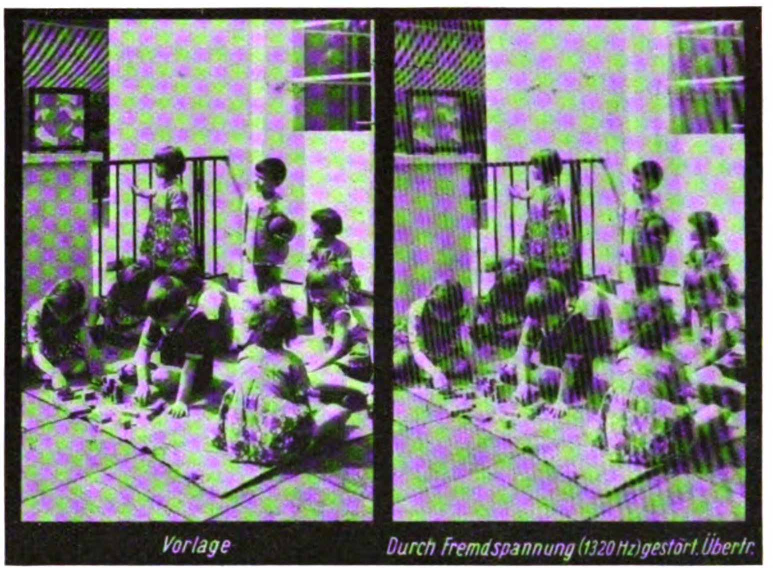


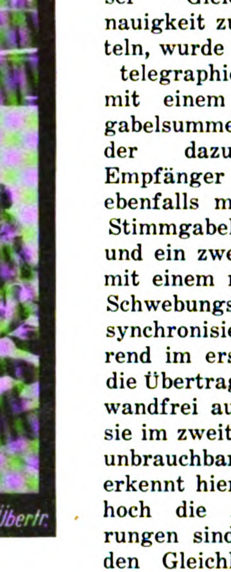
Abb. 7 Einfluß von Fremdspannungen.

b) Gleichlauf- und Phasenfehler.

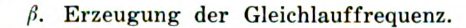
α. Genauigkeitsforderung.

Es wurde gezeigt, daß die Bildtelegraphie auf der Voraussetzung beruht, daß jedem abgetasteten Bildpunkt auch wirklich der entsprechende Bildpunkt auf der Empfangsfolie zugeordnet wird.

Nimmt man zunächst an, daß Sender und Empfänger jeder für sich konstant, aber mit unterschiedlicher Umdrehungszahl laufen, so wird das empfangene Bild infolge der Spiralbewegung des Lichtpunktes rombusartig verschoben werden. Läßt man eine Bildschiefe von 1,5 mm noch zu, so müssen die Drehzahlen auf 10^{-5} genau übereinstimmen. Um eine Vorstellung von dieser Gleichlaufgenauigkeit zu vermitteln, wurde ein Bildtelegraphiesender mit einem Stimmgabelsummer und der dazugehörige Empfänger einmal ebenfalls mit einem Stimmgabelsummer und ein zweites Mal mit einem normalen Schwebungssummer synchronisiert. Während im ersten Fall die Übertragung einwandfrei ausfiel, ist sie im zweiten völlig unbrauchbar. Man erkennt hieraus, wie hoch die Anforderungen sind, die an den Gleichlauf gestellt werden müssen. Hieraus ergibt sich zunächst, daß Sender und Empfänger synchron laufen müssen. Da man das ebene Bild auf die Sendetrommel und die ebene lichtempfindliche Folie auf die Empfangstrommel aufspannt, so ist außer auf den Gleichlauf auch darauf zu achten, daß sich die aneinanderstoßenden Kanten des Sendebildes zu der gleichen Zeit an der Abtaststelle vorbeibewegen, zu der sich die aneinanderstoßenden Kanten der Folie gerade an der Belichtungsstelle befinden. Ist dies nicht der Fall, so ergeben sich, wie man aus der grundsätzlichen Darstellung in Abb. 8 erkennen kann, Phasenfehler, die zu unbrauchbaren Bildern führen. Neben der Sicherstellung des Gleichlaufs ist also auch auf einen phasenrichtigen Lauf von Sende- und Empfangstrommel zu achten.



β. Erzeugung der Gleichlauffrequenz.



In der neuzeitlichen Bildtelegraphie hat man sich für eine örtliche Synchronisierung entschieden. Man führt diese in der Form durch, daß man mittels eines Stimmgabelsummers eine Normalfrequenz erzeugt und den Antriebsmotor der Geräte mit einem Tonrad belastet. Dieses läßt man auf einen Widerstand arbeiten, dessen Größe von der Abweichung der Frequenzen von Stimmgabelsummer und Tonrad abhängt.

Der Stimmgabelsummer ist ein Röhrengenerator, in dessen Rückkopplungskreis eine elektrisch erregte Stimm-

Digitized by Google

gabel als Frequenznormal eingeschaltet ist. Einmal angestoßen schwingt die Stimmgabel in ihrer Eigenfrequenz. Bei konstanter Temperatur ändert sich diese im Laufe der Zeit so gut wie gar nicht. Schwierigkeiten hingegen bereitet ihre Temperaturabhängigkeit; man kann sie dadurch unschädlich machen, daß man die Stimmgabel in

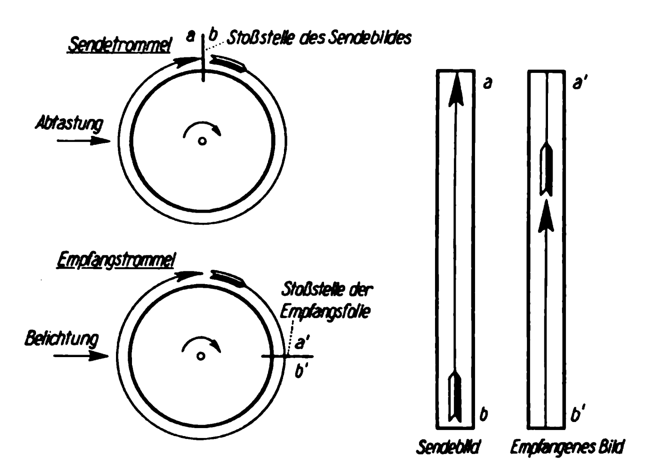


Abb. 8. Auswirkung von Phasenfehlern.

einem Thermostaten anordnet, oder daß man die Frequenzen von Sender und Empfänger von Zeit zu Zeit miteinander vergleicht und sie entsprechend nachregelt.

Da man nicht voraussetzen kann, daß alle, insbesondere auch die älteren in einem Bildtelegraphennetz benutzten Geräte mit genau der gleichen Frequenz arbeiten, kann man auf einen Frequenzvergleich vor Beginn einer Sendung nicht verzichten. Man überträgt daher die Gleichlauffrequenz des Senders zum Empfänger und regelt dessen Stimmgabel so weit nach, bis der Gleichlauf sichergestellt ist. Es gelang, diesen Frequenzvergleich außerordentlich zu vereinfachen. Man konnte daher auf einen Thermostaten verzichten und stimmt nach der Übertragung einiger Bilder die Gleichlauffrequenz der Geräte erneut aufeinander ab. Durch diese Betriebsweise verringern sich zwar die Anforderungen, die an die Frequenzkonstanz zu stellen sind, die Frequenz selbst muß jedoch leicht und schnell einstellbar sein. Von den verschiedenen Möglichkeiten der Frequenzregelung hat sich für einen verhältnismäßig kleinen Regelbereich die Phasendrehung der Rückkopplung als besonders geeignet erwiesen. Wird ein größerer Regelbereich gefordert, so spannt man die Zinken der Stimmgabel durch magnetische Anziehung vor.

γ. Wirkungsweise des Tonrades.

Es scheint angebracht, auf die Wirkungsweise des Tonrades wenigstens kurz hinzuweisen. In Abb. 9 ist ein Tonrad schematisch dargestellt. Es besteht aus einem gezahnten Ständer, der eine Gleichstrom- und eine Wechselstromwicklung trägt, und aus einem als Zahnrad ausgebildeten Läufer ohne jede Wicklung. Die Zähne von Ständer und Läufer stehen sich so gegenüber, daß bei der linken Darstellung der magnetische Widerstand für den Gleichfluß in senkrechter Richtung klein und in waagerechter Richtung groß ist, während bei der rechten Darstellung der Läufer um einen Zahn weiter gedreht ist, so daß sich jetzt das Verhältnis umgekehrt hat. Man erkennt hieraus, daß die Durchflutung der Wechselstromwicklung zwischen einem positiven und einem negativen Höchstwert schwankt. In der Wicklung wird also eine Wechselspannung induziert, deren Frequenz der Umlaufzahl des Antriebsmotors verhältnisgleich ist.

Für die Bremswirkung des Tonrades sind in erster Linie die in ihm selbst entstehenden Verluste maßgebend. Da die Eisenverluste die ohmschen Verluste merklich übersteigen, so ist bei dem benutzten Tonrad die Bremswirkung im Leerlauf größer als im Kurzschluß. Bei den praktisch ausgeführten Bildtelegraphiegeräten wird nun eine Regelung in der Form vorgenommen, daß das Tonrad zunächst mit einer Kapazität belastet wird, die so gewählt ist, daß sie mit der großen Eigeninduktivität des Tonrades einen Stromresonanzkreis bildet. Im Tonrad wird also ein großer Wechselstrom fließen, so daß das Tonrad viel Leistung benötigt. Schaltet man jetzt parallel zu der Kapazität einen ohmschen Widerstand, so wird der Resonanzkreis gedämpft. Ist dieser Widerstand Null, so fließt im Tonrad der kleinere Kurzschlußstrom, so daß das Tonrad weniger stark bremst. Der große Vorzug dieser Schaltung besteht nun darin, daß die Bremsleistung vorwiegend im Tonrad selbst und nicht in dem als Röhrenschaltung ausgebildeten Belastungswiderstand liegt. Man kann also ein verhältnismäßig kleines Regelrohr verwenden. An der Anode dieses Rohres liegt unmittelbar die Tonradspannung, während an seinem Gitter die Steuerspannung liegt, deren Frequenz für die Drehzahl des Motors bestimmend sein soll. Versucht der Motor, langsamer zu laufen, als es der Synchronisierfrequenz entspricht, so verschiebt sich die Phasenlage zwischen Gitter- und Anodenspannung. Diese ist aber für den Widerstand des Rohres bestimmend. Sind nämlich Anoden- und Gitterspannung in Phase, so wird ein großer Anodenstrom fließen, der Rohrwiderstand ist also klein. Haben sie entgegengesetzte Phase, so verschwindet der Anodenstrom praktisch, und der Widerstand des Rohres wird unendlich. Die Regelung wirkt jetzt in der Weise, daß von dem antreibenden Motor ein bestimmtes Drehmoment erzeugt wird, dem das Lastdrehmoment und das Bremsdrehmoment des Tonrades das Gleichgewicht halten. Die Phasenlage zwischen Tonradspannung und Steuerspannung ist auch beim Gleichlauf nicht starr, sondern wird sich stets so einstellen, daß diese Gleichgewichtsbedingung erfüllt ist. Das Tonrad gleicht also Laständerungen und Antriebsspannungsschwankungen aus und erfüllt somit seine Aufgabe als Regelorgan. Die Schaltung des für die Gleichlaufregelung des Empfängers benutzten Synchronisierverstärkers ist in Abb. 10 dargestellt. Er enthält als wesentliche Teile den Stimmgabelsummer und das Regelrohr. Die Stimmgabelfrequenz von 510 Hz wird durch ein Gleichrichterrohr verdoppelt.

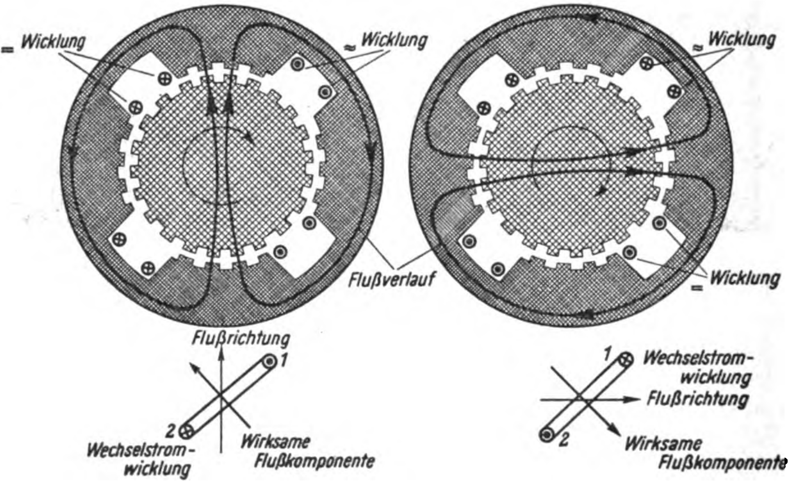


Abb. 9. Wirkungsweise eines Tonrades.

Digitized by Google

δ. Die Phaseneinstellung.

Um Phasenfehler zu vermeiden, ist auf der Achse der Sendetrommel eine Nockenscheibe angebracht, die bei Umlauf einen Kontakt betätigt, über den während des Phasenvergleichs jeweils ein kurzer Stromschritt mit einer Frequenz von 1300 Hz über die Leitung geschickt wird. Am Empfänger leuchtet hierdurch eine Glimm-

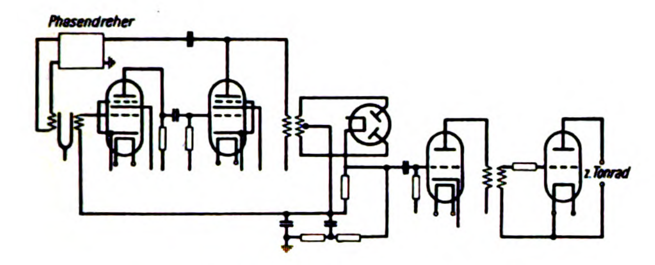


Abb. 10. Synchronisierverstärker (Grundschaltung).

lampe auf; diese zeigt also an, wann die Sendetrommel eine bestimmte Lage einnimmt. Versieht man die Empfangstrommel mit einer geeignet geschnittenen Blende, so ist die richtige Phasenlage vorhanden, wenn das Aufleuchten der Lampe nicht durch die Blende abgedeckt wird. Die Phase wird am Empfänger durch Verdrehung des Tonradständers eingestellt.

ε. Die mechanischen Voraussetzungen für den Gleichlauf.

Neben den elektrischen Hilfsmitteln ist die mechanische Ausführung der Bildtelegraphie für den Gleichlauf von ausschlaggebender Bedeutung.

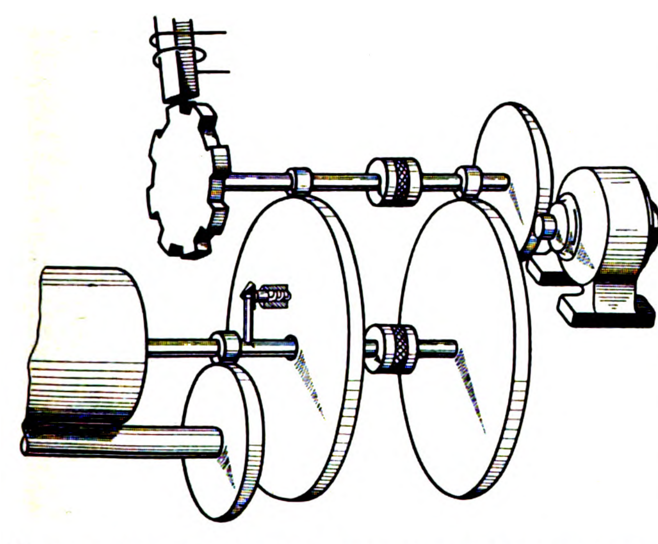


Abb. 11. Antrieb des Bildtelegraphieempfängers (grundsätzliche Darstellung).

Von den verschiedenen interessanten mechanischen Anordnungen, die in den Bildtelegraphiergeräten enthalten sind, verdient der Antrieb der Empfängerbildtrommel besondere Beachtung. Da der Empfänger bei Tageslicht arbeiten soll, muß man die lichtempfindliche Folie in einer Dunkelkammer auf die Empfangstrommel aufspannen. Diese muß also auswechselbar sein und durch eine Kassette geschützt werden. Es besteht also die Aufgabe, die auswechselbare Trommel mit dem synschron und phasenrichtig laufenden Gerät zu koppeln, ohne daß dieses infolge der hierbei unvermeidlichen starken Lastschwankungen aus dem Gleichlauf fällt, und zwar so, daß sie stets phasenrichtig zur Sendetrommel läuft.

Man überträgt zu diesem Zweck das Motordrehmoment über ein Vorgelege und eine Reibungskupplung zum Tonrad (Abb. 11), zweigt jedoch über das rechte Zahnrad einen Teil des Drehmomentes ab und treibt damit über eine zweite Reibungskupplung die Trommel und den Vorschub der Optik. Wie man aus dem Bild erkennt, ist auf den linken Seiten der Reibungskupplungen noch eine zweite Zahnradübersetzung vorgesehen. Das große Zahnrad sitzt lose auf der Trommelachse und besitzt einen Anschlag, der nach durchgeführtem Phasenvergleich konphas mit der Sendetrommel läuft. Die Übersetzungen der beiden Zahnradgetriebe sind so gewählt, daß sich das rechte große Zahnrad schneller als

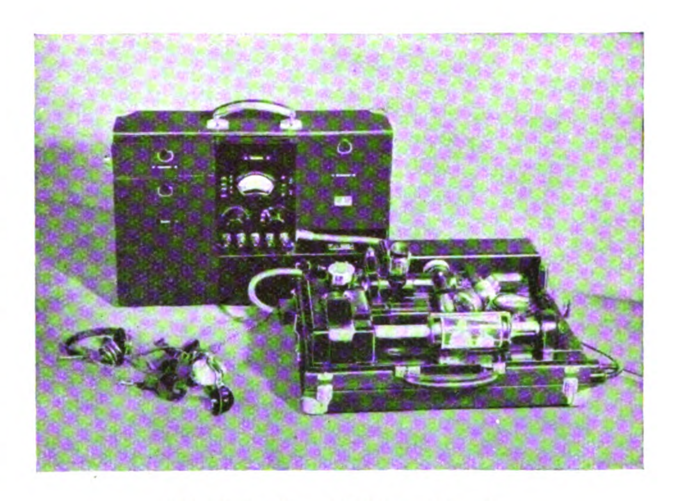


Abb. 12. Tragbarer Bildtelegraphiesender.

das linke dreht. Hierdurch wird ein auf der Trommelwelle sitzender Stift gegen den Anschlag des linken Zahnrades gelegt. Die Trommel wird durch diesen so weit abgebremst, wie es der Umlaufgeschwindigkeit des Tonrades entspricht. Die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der einzelnen Teile des Getriebes gleichen sich über die Reibungskupplungen aus. Denkt man sich jetzt die Empfangstrommel beispielsweise beim Einkuppeln festgehalten, so würde, wenn sie starr mit dem rechten Zahnrad verbunden wäre, das ganze System aus dem Gleichlauf fallen. Bei der gewählten Anordnung wird das dadurch vermieden, daß der Anschlag einfach weiter gedreht wird. Nach einmaliger Umdrehung trifft er wieder auf den Stift, jetzt allerdings mit der entgegengesetzten Seite. Während die zuerst betrachtete Anschlagfläche steil war, ist die zweite dachartig abgeflacht, so daß der federnde Anschlag niedergedrückt wird und das Tonrad synchron weiterlaufen kann. Hebt man die Bremsung der Trommel auf, so wird diese von dem rechten Zahnrad schneller weitergedreht als es dem Gleichlauf entspricht. Der Stift holt also schon nach kurzer Zeit den Anschlag wieder ein, trifft jedoch jetzt auf dessen senkrechte Seite, so daß er ihn nicht niederdrücken kann. Synchronismus und Phasenübereinstimmung sind also gewahrt.

Der rechts von den Kupplungen liegende Teil des Getriebes läuft stets mit der Motordrehzahl, der linke Teil mit der synchronen Drehzahl. Geringe Lastschwankungen nimmt das Tonrad ohne weiteres auf, große Lastschwankungen werden von ihm auf die geschilderte Art und Weise ferngehalten. Die Trommel kann in einem beliebigen Augenblick eingesetzt werden, sie wird sich stets auf die richtige Phasenlage einstellen. Die gestellte Aufgabe ist somit durch die eigenartige Parallelschaltung der Drehmomente der beiden Achsen gelöst. Man braucht

Digitized by Google

wohl nicht besonders zu betonen, daß an die mechanische Genauigkeit der Zahnräder und Spindeln der Bildtelegraphiegeräte die größten Anforderungen gestellt werden müssen.

5. Gestaltung der Geräte.

a) Ausführung.

Die Bildtelegraphiegeräte werden grundsätzlich in zwei verschiedenen Ausführungsformen hergestellt, und zwar als ortsfeste Geräte für die bleibende Aufstellung in Telegraphenämtern und als tragbare Geräte für den Einsatz an Orten, bei denen ein vorübergehender starker Bildtelegraphieverkehr stattfindet. Besonders die tragbaren Sender haben sich bei wichtigen Ereignissen als sehr nützlich erwiesen.

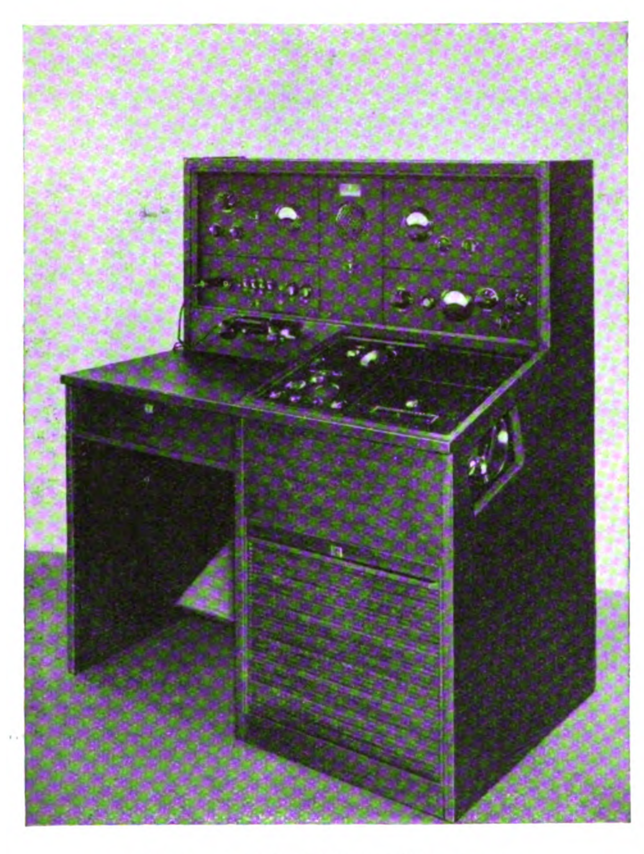


Abb. 13. Ortsfester Bildtelegraphieempfänger.

Als Beispiel für die äußere Gestaltung der tragbaren Geräte ist in Abb. 12 ein Sender [8] dargestellt. Er besteht aus zwei Koffern, von denen der rechte den mechanischen Teil und den Lichtzellenverstärker enthält, während in dem linken die Stromversorgung und der Synchronisierverstärker untergebracht worden sind. Der Stromversorgungskoffer enthält je nach Bedarf ein Netzanschlußgerät oder Batterien.

Abb. 13 zeigt einen ortsfesten Empfänger. Er ist in Pultform ausgeführt. Der mechanische Teil ist nahezu waagerecht angeordnet, auf der senkrechten Tafel befinden sich Empfangs- und Synchronisierverstärker sowie Meßfelder und ein Lautsprecher, mit dem man Bildströme und Signalströme abhören kann.

b) Bedienung der Geräte.

Bei der Einregelung einer Bildtelegraphieverbindung können sich die Bedienungsbeamten unter Benutzung der Bildtelegraphiegeräte anrufen und fernmündlich verständigen. Vor Beginn der ersten Übertragung gibt der Sendebeamte seine doppelte Synchronisierfrequenz, also 1020 Hz, auf die Leitung. Der Empfangsbeamte vergleicht diese Frequenz mit der Synchronisierungsfrequenz seines Gerätes nach einem Schwebungsverfahren und stellt seinen Synchronisierverstärker so weit nach, bis sehr langsame Schwebungen entstehen. Ist dies der Fall, so laufen die Geräte synchron. Jetzt werden Phasenimpulse vom Sender auf die Leitung gegeben, und der Empfangsbeamte regelt durch Drehung des Ständers seines Tonrades die Phase seines Gerätes hiernach ein. Ist der Gleichlauf und die Phase einmal eingestellt, so können eine größere Anzahl Bilder ohne weitere Nachregelung übertragen werden.

Bei der Bildübertragung werden die Bilder auf die Sendetrommel aufgespannt, und es werden jeweils zuerst die hellsten und dann die dunkelsten Bildstellen bei feststehender Trommel übertragen. Der Empfangsbeamte stellt mit Hilfe zweier Drehknöpfe ein Instrument auf zwei entsprechende Marken ein und legt hierdurch den Tonwertumfang fest.

Ist die Empfangskassette eingesetzt, so kann die Bildübertragung beginnen. Die Übertragung eines Bildes von 13 × 18 cm dauert dann 12 min. Man erkennt, daß die Bildtelegraphie trotz der großen Anforderungen, die an die Übertragungsgeräte gestellt werden, einfach zu handhaben sind. Bei ihrer Durchbildung waren die Erfahrungen der Deutschen Reichspost von besonderem Wert.

Zusammenfassung.

Über die Entwicklung und den äußeren Aufbau neuzeitlicher Bildtelegraphiegeräte wurde berichtet. Es wurde gezeigt, daß es sich bei der Bildtelegraphie um ein Nachrichtensystem handelt, bei dem Elektrotechnik, Optik, Photochemie und Präzisionsmechanik auf das engste miteinander verbunden sind. Die Geräte sind daher das Ergebnis einer Gemeinschaftsarbeit einer größeren Zahl von Ingenieuren und Physikern. Die Deutsche Reichspost ist zur Zeit damit beschäftigt, unter Verwendung dieser Geräte ganz Deutschland mit einem engmaschigen Bildtelegraphienetz zu überziehen. Das Netz wird nach seinem vollständigen Ausbau besonders für den Bilderdienst der Zeitungen von erheblicher Bedeutung sein, so daß durch diese großzügige Maßnahme eine Lücke im deutschen Nachrichtenverkehr geschlossen wird.

Aus dem Schrifttum:

1. F. Schröter, Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens. Berlin 1932.
2. F. Schröter, Bildtelegrafie und Fernsehen, Phys. in regelm. Ber. 5 (1937) H. 2, S. 43.
3. Goetsch, 10 Jahre Bildtelegrafie in Deutschland, Elektr. Nachr.-Techn. 14 (1937) S. 443.
4. H. Bitter, Entwicklung und Stand der Bildtelegrafie, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 27 (1938) S. 61.
5. K. Küpfmüller und H. F. Mayer, Fernsehübertragung auf Leitungen. Veröff. Geb. Nachrichtentechn. 8 (1938) 4. Folge S. 609.
6. E. Hudec, Die Übertragung von Funkbildern nach dem Impulsverfahren. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 27 (1938) S. 1.
7. W. Heintze und H. Schönfeld, Der Empfang positiver Bilder bei bildtelegrafischen Übertragungen, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 87.
8. W. Keller, Tragbare Bildsender, ETZ 57 (1936) S. 905.

Digitized by Google

Korrosionsprüfungen im Fernmeldegerätebau.

Von **K. Franz**, Berlin.

DK 620.191 : 621.391

Übersicht. Die korrodierenden Einflüsse, denen technische Erzeugnisse im praktischen Betriebe unterliegen, sind äußerst vielgestaltig. Es gelingt daher nicht, durch einfache physikalische oder chemische Messungen die Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe zu erfassen, sondern es müssen vergleichende Korrosionsversuche durchgeführt werden. Da Naturversuche nicht zuverlässig reproduzierbar sind, werden Laboratoriumsversuche bevorzugt. Die hierbei im einzelnen zu beachtenden Gesichtspunkte werden ausführlich erläutert.

Eine der schwierigsten Fragen, die an den Werkstoffingenieur herantreten, ist die nach der Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe. Ihre Beantwortung ist zunächst dadurch erschwert, daß nur in seltenen Fällen Genaues über die künftige Korrosionsbeanspruchung ausgesagt werden kann; meist ist man auf mehr oder minder unsichere Vermutungen über Art und Intensität der korrosiven Einflüsse angewiesen. Eine ähnliche Unsicherheit besteht auch bezüglich der Nebenumstände, die unter sonst gleichen Verhältnissen Korrosionen fördern oder hemmen. Solange man sie nicht kennt, ist man unter Umständen bösen Überraschungen ausgesetzt; leider aber bedarf es häufig erst jahrelanger, wissenschaftlicher Forschungsarbeit, um solche, manchmal ganz unscheinbaren Einflüsse in ihrer Gefährlichkeit zu erkennen. Ein Schulbeispiel hierfür bieten die Zinklegierungen. In der Zeit kurz nach dem Kriege wurden solche Legierungen in größerem Umfange beim Bau von Fernmeldegeräten in Form von Kokillen- oder Spritzgußteilen eingesetzt. Nach mehrmonatiger Benutzung der Teile stellten sich dann unerwartet Verwerfungen und Rißbildungen schlimmsten Ausmaßes ein. Daß es sich um interkristalline Korrosionen der Zinklegierungen handelte, war natürlich bald festgestellt; aber es bedurfte einer langwierigen und mühevollen Arbeit, um klarzustellen, daß die eigentliche Ursache hierfür kleinste Verunreinigungen des Zinks mit Blei, Zinn oder Cadmium sind. Wenige Tausendstel Prozent dieser Fremdmetalle genügen bereits, um die geschilderte Korrosionsanfälligkeit der Zinklegierungen hervorzurufen; es ist daher nur zu bedauern, daß das Normblatt DIN 1743 für Zinkspritzguß nicht engere Grenzen für die zulässigen Verunreinigungen vorsieht. Wird somit an diesem Beispiel deutlich, wie schwierig es ist, zuverlässige Voraussagen über die Korrosionsbeständigkeit eines Werkstoffes zu machen, so läßt sich wiederum an den hier eingetretenen Rückschlägen ermessen, welche hohe Bedeutung einer solchen Voraussage zukommt, auch wenn sie nur vor den schlimmsten Fehlschlägen schützt. Es ist daher klar, daß sich die Industrie eingehend mit den Korrosionsfragen befassen muß, zumal wenn sie nach Übersee exportieren will, also in Länder mit häufig sehr ungünstigen klimatischen Verhältnissen.

Korrosionsvorgänge bei Natur- und Laboratoriumsversuchen.

Trotz umfangreicher theoretischer Arbeiten über das Wesen der Korrosionsvorgänge und trotz Erschließung vieler wertvoller Erkenntnisse ist es leider noch nicht möglich, etwa aus physikalischen oder chemischen Messungen irgendwelcher Art zuverlässige Schlüsse über die Korrosionsbeständigkeit eines Werkstoffes ziehen zu können. So ist es denn heute der überall in der Praxis übliche Weg, durch Vergleichsversuche, bei denen man die wirklichen Verhältnisse weitgehend nachzubilden trachtet, die notwendigen Erfahrungen zu gewinnen. Dies kann einmal durch Naturversuche, zum anderen durch Laboratoriumsversuche geschehen.

Die Durchführung von Naturversuchen krankt an drei Mängeln:

1. Man muß sie an dem jeweiligen Ort des späteren Geräteeinsatzes durchführen, wenn die dort herrschenden atmosphärischen und klimatischen Verhältnisse von denen des eigenen Wohnsitzes wesentlich abweichen. Es liegt auf der Hand, daß solche Versuche wegen der mehr oder minder großen Entfernung von der Fertigungsstätte sehr erschwert, wenn nicht gar unmöglich sind. Man denke dabei nur an Geräte, die etwa später in das feuchtwarme Klima Niederländisch-Indiens kommen sollen.
2. Bei allen, unter den natürlichen Bedingungen ablaufenden Versuchen werden etwaige Korrosionsangriffe selbstverständlich nur in dem der Wirklichkeit entsprechenden Zeitmaß auftreten und fortschreiten. Man wird zwar völlig ungeeignete Werkstoffe bald als solche erkennen, im übrigen aber wird es langfristiger Beobachtungen bedürfen, da erfahrungsgemäß oft erst nach langer Zeit Korrosionsangriffe sichtbar werden.
3. Naturversuche sind nur mit großer Unsicherheit untereinander vergleichbar. Man ist von den Jahreszeiten und dem jeweiligen Witterungscharakter völlig abhängig und kann demnach keinen Versuch willkürlich reproduzieren.

Diesen Mängeln sucht man nun durch Laboratoriumsversuche zu begegnen. Hier kann man bestimmte Versuchsbedingungen in Anlehnung an die wirklich zu erwartenden Verhältnisse nach Belieben herstellen, und man kann eine genaue Einhaltung der Bedingungen bei Wiederholungsversuchen sicherstellen. Schwieriger ist die Frage, wie weit man im Laboratoriumsversuch Verkürzungen der Beobachtungszeit erreichen kann, mit welcher Zuverlässigkeit also „Schnellkorrosionsversuche" anwendbar sind. Naheliegend ist zunächst der Gedanke, die Konzentration der angreifenden Stoffe oder die Temperatur, unter der sie einwirken, zu erhöhen und damit einen verstärkten Angriff herbeizuführen. Dieser Weg darf aber nur mit großer Vorsicht beschritten werden, da hierdurch häufig ein ganz verändertes Werkstoffverhalten bedingt wird. Verschärfung der Angriffsbedingungen im Kurzversuch ist also im allgemeinen nur dann statthaft, wenn durch Gegenüberstellung solcher Versuche mit anderen normaler Beanspruchung bewiesen ist, daß tatsächlich gleiche Erscheinungen, nur im verkürzten Zeitmaßstabe, hervorgerufen werden.

In einem solchen Falle wäre es natürlich von großem Vorteil, zu wissen, um wieviel schneller im Laboratoriumsversuch sich die Korrosionserscheinungen zeigen als in der Wirklichkeit. Das wird aber nur in seltenen Fällen, wo ein bestimmter Korrosionseinfluß absolut vorherrschend ist (z. B. Einwirkung von Seeluft), möglich sein, und auch dann ist noch große Vorsicht bezüglich der Treffsicherheit solcher Aussagen am Platze[1]). In der überwiegenden Zahl aller Versuche wird der Zeitmaßstab als zweifelhaft gelten müssen, und man geht deshalb den Weg, stets Werkstoffe oder Werkstücke, deren Verhalten

[1]) Vergl. P. Brenner, Über die Normung der Korrosionsprüfverfahren für Leichtmetalle, Chem. Fabrik 10 (1937) H. 47/48, S. 486/91.

Digitized by Google

durch zurückgehende Erfahrung hinreichend bekannt ist, als Vergleichsmuster in die Versuchsreihe mit einzubeziehen. Man gewinnt so ein relatives Urteil über die Eignung verschiedener Werkstoffe für den gedachten Zweck, und damit kann sich der Praktiker im allgemeinen auch durchaus begnügen.

Bewertungsmaßstäbe bei Korrosionsversuchen im Laboratorium.

Bedeutungsvoll ist nun vornehmlich die Frage, welche Bewertungsmaßstäbe bei Korrosionsversuchen heranzuziehen sind. Dies ist je nach dem Arbeitsgebiet der Technik sehr verschieden. Fahrzeugbau und insbesondere Luftfahrttechnik müssen vor allem die Änderungen in den technologischen Werten der Werkstoffe beachten. Abnahme von Festigkeit und Dehnung in Abhängigkeit von der Dauer der korrodierenden Einflüsse sind hier der wesentliche Beurteilungsmaßstab. Bevorzugt werden dabei statische Festigkeitsversuche durchgeführt; in Sonderfällen wird aber auch die Schwingungsfestigkeit bestimmt. Das letztere hat insofern große Berechtigung, als eine Aufrauhung der Oberfläche, die an sich vielleicht als geringfügiger Korrosionsangriff gewertet werden kann, doch wegen der durch sie verursachten Kerbwirkung ein starkes Absinken der Schwingungsfestigkeit verursachen kann. In allen Fällen wird also so vorgegangen, daß eine größere Anzahl gleichwertiger Prüfstäbe gemeinsam in den Korrosionsversuch gegeben wird, und daß dann nach einem festgelegten Zeitplan einzelne Stäbe zur Durchführung der Festigkeitsversuche entnommen werden. Bei einer Reihe von Werkstoffen ist der Korrosionsangriff stärker, wenn sie unter mechanischer Beanspruchung stehen. In solchen Fällen werden die Prüflinge unter Zug- oder Biegespannungen gesetzt und in diesem Zustande den korrodierenden Einflüssen unterworfen. Es werden dann wieder in bestimmten Zeitabständen Festigkeitsversuche vorgenommen, wenn nicht schon das etwaige Zubruchgehen der Proben während des Versuches ausreichende Vergleichsmöglichkeiten schafft.

Stand in den eben geschilderten Fällen das Festigkeitsverhalten der Werkstoffe im Vordergrund, so liegen die Dinge meist ganz anders auf dem Arbeitsgebiet der Fernmeldegerätetechnik. Die Werkstoffbeanspruchungen sind hier im allgemeinen nur mäßig, weil aus Gründen der Herstellbarkeit die Querschnitte meist weit größer gewählt werden müssen, als dies im Hinblick auf Festigkeitsfragen notwendig ist. Demzufolge ist auch eine in mäßigen Grenzen bleibende Festigkeitsverminderung nicht als das Gefährlichste anzusehen. Gefürchtet sind dagegen Schädigungen feiner Lagerstellen, bei denen schon durch geringe Oberflächenkorrosionen unzulässige Erhöhung der Reibung eintreten kann. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den schmalen Luftspalten der dynamischen Lautsprecher, wo ebenfalls geringste Ausblühungen bereits die Schwingspule in ihrer Bewegung hindern und dadurch zu unerträglichen Klirrgeräuschen führen können. Weitere Gefahren bedrohen die feinen Kontakte, die in allen Fernmeldegeräten lebenswichtige Elemente darstellen. Wenn auch die Kontakte selbst stets aus Edelmetallen hergestellt sind und demnach eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweisen, so können doch Korrosionsprodukte, die sich an anderer Stelle innerhalb eines Gerätes gebildet haben, durch Erschütterungen auf die Kontaktstellen gelangen und dadurch Stromunterbrechungen oder zumindest unsichere Kontaktgabe herbeiführen. Es ist hierbei zu bedenken, daß die Schwachstromtechnik meist mit ganz geringen Spannungen arbeitet, so daß schon dünnste Fremdschichten zum Versagen von Kontakten führen können. Schließlich liegt eine ganz besondere Korrosionsgefahr bei Fernmeldegeräten in der Zerstörung dünner Kupferleitungen. Wickeldrähte bis zu 0,05 mm Dmr. herunter sind in der Fernmeldetechnik nichts Seltenes, und bei so dünnen Querschnitten bedeutet schon der geringste korrosive Angriff eine große Gefahr. Es ist dies auch der Grund, warum in der Fernmeldetechnik bei der Herstellung von Lötungen nur mit Kolophonium als Flußmittel gearbeitet wird, da alle anderen Lötmittel nicht das erforderliche Maß von Sicherheit bieten. Unter Berücksichtigung des Gesagten ergibt sich, daß das Korrosionsverhalten der Werkstoffe in der Fernmeldetechnik nicht so sehr nach der Veränderung ihrer Festigkeitseigenschaften zu beurteilen ist, als vielmehr nach dem allgemeinen Angriff der Oberfläche und vor allem nach der Bildung von Ausblühungen oder sonstiger Korrosionsprodukte. Leider ist bei dieser Sachlage ein subjektiver Einfluß in der Beurteilung von Korrosionserscheinungen nicht zu vermeiden.

Durchführung von Korrosionsversuchen.

Trotz der geschilderten Vielzahl der zu beachtenden Faktoren wurde wertvolle Arbeit geleistet, um wenigstens im Rahmen des Möglichen gleichartige Durchführung von Korrosionsversuchen und gleiche Bewertungsgrundlagen sicherzustellen. Der Fachnormenausschuß für Korrosionsfragen beim Deutschen Normenausschuß hat in zwei Normblättern Richtlinien hierfür aufgestellt. Das Blatt DIN 4850 behandelt allgemein die Vereinheitlichung der Versuchsbedingungen von Korrosionsversuchen[2]), während sich das Blatt DIN 4853 im besonderen mit der Prüfung von Leichtmetallen auf Seeklima- und Seewasserbeständigkeit befaßt. Die nachstehend geschilderten, im Fernmeldegerätebau angewendeten Korrosionsprüfungen sind den Richtlinien der beiden Normblätter angeglichen.

Korrosionsprüfungen im Fernmeldegerätebau.

Die Naturversuche müssen. wie schon oben erwähnt, meist auf Freilagerversuche auf dem Werkgelände beschränkt bleiben. Da Jahreszeit und unterschiedlicher Witterungscharakter erheblichen Einfluß auf die Stärke des Korrosionsangriffes haben, können nur Vergleichsergebnisse mit Werkstoffen, deren Korrosionsverhalten bekannt ist, erwartet werden. Es ist auch notwendig, daß sämtliche Proben gleichzeitig in den Versuch genommen werden, da sonst von vornherein Fehlerquellen in die Untersuchung hineingetragen werden können. Ganz und gar unzulässig ist aber der Vergleich zwischen Freilagerversuchen, die an verschiedenen Orten durchgeführt werden. Gerade in Industriegegenden ist der Einfluß von Rauchgasen, Beizdämpfen und anderen chemischen Abgasen von entscheidender Bedeutung. Das erwies sich besonders deutlich bei groß angelegten Korrosionsversuchen mit Leichtmetallmembranen, die von der Siemens & Halske AG. vor einiger Zeit durchgeführt wurden und bei denen die Versuchsmuster an verschiedenen Orten des Reiches der Freilagerung ausgesetzt waren. Hierbei traten die bei weitem schwersten Korrosionsschäden an den in Bitterfeld aufgehängten Proben auf, was im Hinblick auf die dort befindlichen großen Werke der I. G. Farbenindustrie verständlich ist. Hier wie auch bei anderer Gelegenheit hat sich deutlich gezeigt, daß insbesondere hoher Staubgehalt der Luft stark korrosionsfördernd ist, wahrscheinlich vor allem deshalb, weil die auf den Prüflingen abgelagerten Staubschichten stark Feuchtigkeit zu binden vermögen. Darin findet es auch seine Erklärung, daß Korrosionsproben, die der freien Beregnung ausgesetzt sind, häufig weit günstiger abschneiden als solche, die gegen Regen geschützt aufgestellt waren; Staub und etwa gebildete Korrosionsprodukte werden stets abgewaschen und können dadurch nicht zu ihrer korrosionsfördernden Wirkung kommen.

Bei den Laboratoriumsversuchen bemüht man sich, entweder bestimmte klimatische Verhältnisse oder Sonderfälle von Korrosionseinflüssen nachzuahmen. Man setzt

[2]) Siehe auch: F. Tödt, Grundfragen der Normung auf dem Korrosionsgebiet. Z. Chem. Fabrik 10 (1937) H. 47/48, S. 479/82.

Digitized by Google

daher die Prüflinge wahlweise folgenden Einwirkungen aus:

1. hoher Feuchtigkeit bei Raumtemperatur,
2. hoher Feuchtigkeit bei erhöhter Temperatur (Tropenversuch),
3. Salzwasser oder Salznebel (Seewassereinwirkung, Seeklima),
4. verschiedenartigen Chemikalien.

Zur Erzeugung festgelegter Feuchtigkeitsgrade benutzt man entweder Hygrostaten oder, wenn ein größerer Aufwand gerechtfertigt ist, Klimaanlagen. In den Hygrostaten wird durch eine Kalziumchloridlösung bestimmter Konzentration die gewünschte relative Feuchtigkeit aufrechterhalten, wobei natürlich Voraussetzung ist, daß die Temperatur unverändert bleibt[3]). Man beobachtet meist bei einer Feuchtigkeit von 80 oder 90 %. Die Wahl höherer Feuchtigkeitsgrade ist nicht ratsam, da dann bereits sehr geringe Temperaturänderungen zur Taupunktsüberschreitung führen können. Die praktische Erfahrung hat gelehrt, daß gerade der Wechsel zwischen Betauung und Auftrocknen Korrosionsangriffe stark fördert; so erwünscht daher ein solcher Wechsel zur Beschleunigung der Korrosionsversuche auch ist, muß doch eine Versuchsanordnung vermieden werden, die unkontrollierbare Taupunktsüberschreitungen begünstigt. Will man die Feuchtigkeitseinwirkung verstärken, so bedient man sich besser eines Sprühschrankes, in welchem allstündlich eine bestimmte Wassermenge durch eine Sprühdüse fein vernebelt wird. Umstritten ist die Frage, ob besser Leitungs- oder destilliertes Wasser versprüht werden soll. Gegen destilliertes Wasser spricht, daß es u. U. die Bildung von Schutzschichten auf den Prüflingen erschwert; es hat aber gegenüber Leitungswasser den hoch anzuschlagenden Vorteil, daß man vor unbekannten und unerwünschten Änderungen des angreifenden Mediums gesichert ist.

Bei der Einrichtung eines Sprühschrankes oder einer Sprühkammer sind eine Reihe baulicher Einzelheiten zu beachten, um Störungen und Ungleichmäßigkeiten der Versuchsergebnisse weitmöglichst auszuschalten. Die Sprühdüse und die Aufhängegestelle der Proben sind so anzuordnen, daß die Prüflinge nicht unmittelbar von dem Sprühstrahl getroffen werden. Die Zerstäubung der Flüssigkeit soll möglichst fein sein; für jeden Kubikmeter des Kammerinhaltes sollen in der Stunde 30 cm^3 Flüssigkeit zur Versprühung gelangen. Es muß Sorge dafür getragen werden, daß nicht von der Decke der Kammer, wo sich unvermeidbar Flüssigkeit niederschlagen wird, Tropfen auf die Proben herabfallen; in einfachster Weise kann dem durch eine Neigung der Kammerdecke entgegengewirkt werden. Hat man Prüfstäbe im Sprühversuch, so wird man sie senkrecht aufhängen, damit sich an keiner Stelle der Oberfläche bevorzugt Flüssigkeit niederschlagen kann. Bei der Beobachtung von Guß- oder Konstruktionsteilen in der Sprühkammer, wie dies im Fernmeldegerätebau der bevorzugte Fall ist, läßt es sich allerdings nicht vermeiden, daß die nach oben gerichteten Flächen stärker angegriffen werden als andere; dies muß bei der Auswertung der Versuche sinngemäß in Rechnung gestellt werden. Sorgfältiger noch als auf die Vermeidung von Tropfwasser der versprühten Flüssigkeit ist aber darauf zu achten, daß nicht Korrosionsprodukte von einem Prüfling auf einen anderen gelangen und damit das Prüfergebnis verfälschen. Aus dem gleichen Grunde ist auch besonderes Augenmerk auf die Aufhängung oder Befestigung der Proben zu richten. Glashäkchen oder Glasstäbchen sind stets am einwandfreiesten; es ist aber auch angängig, rostsicheren Stahldraht oder Isolierschläuche aus chemisch schwer angreifbaren Kunststoffen, wie z. B. den Igeliten, zu verwenden.

Eine besondere Bedeutung kommt im Fernmeldegerätebau dem Tropenversuch zu, weil in erheblichem Umfange eine Ausfuhr solcher Geräte in tropische Länder erfolgt. Das Kennzeichen für die hier besonders schwere korrosive Beanspruchung ist die Einwirkung hoher Feuchtigkeit bei erhöhter Temperatur, wobei es im Zusammenhang mit dem Temperaturrückgang während der Nachtzeit zu erheblicher Taubildung kommt. In dem Bestreben, auch diese Verhältnisse im Versuch soweit wie möglich nachzuahmen, baut man Tropenschränke oder sogar Tropenräume. In einem Tropenraum werden z. B. Temperatur und Feuchtigkeit in einem festgelegten täglichen Wechsel geregelt; tagsüber wird bei 40 ° eine Feuchtigkeit von 90 bis 95 % eingehalten, nachts läßt man die Temperatur auf etwa 35 ° zurückgehen und überschreitet damit den Taupunkt. Da die im Tropenraum befindlichen Prüflinge diesen Temperaturwechsel allmählich durchlaufen, ist die Taueinwirkung bei weitem nicht so intensiv, als wenn etwa Gegenstände aus normaler Raumtemperatur von 20 ° oder gar aus tieferer Temperatur plötzlich in den Feuchtraum gebracht werden. Hierbei dringt die Betauung bis in die feinsten Kapillaren und Hohlräume ein und wirkt demgemäß besonders korrosionsfördernd. Bei den üblichen Tropenversuchen wird daher diese überaus starke Einwirkung vermieden, indem die in den Tropenraum einzubringenden Prüflinge erst eine Vorschleuse durchlaufen, d. h. einen Vorraum, der bei geringer Luftfeuchtigkeit bereits die Temperatur des Tropenraumes besitzt. Der Aufenthalt der Prüflinge in dieser Vorschleuse muß so lang bemessen sein, daß sie wirklich bis ins Innere die hohe Raumtemperatur angenommen haben. Dafür sind je nach Größe und Aufbau der Geräteteile ganz beträchtliche Zeiten erforderlich; gerade für Spulen spielt dies in der Fernmeldetechnik eine große Rolle. Umgekehrt kann man natürlich durch den Wechsel von trockener Kälte in einem Kühlschrank und der feuchten Wärme im Tropenraum ganz besonders starke und schnelle Korrosionsangriffe herbeiführen und macht hiervon häufig Gebrauch. In der Fernmeldetechnik kommt der Beobachtung von Isolationsverschlechterungen eine besondere Bedeutung zu; besonders gefährlich sind hierbei Kriechstrecken, die sich durch die Auflage spannungführender Metallteile auf Isolierteile ergeben. Es ist eine immer wieder beobachtete Tatsache, daß an solchen Metallteilen durch elektrolytische Einwirkungen besonders leicht Korrosion auftritt. Es wird daher in allen derartigen Fällen der Tropenversuch so durchgeführt, daß während der ganzen Lagerzeit Spannung an die fraglichen Metallteile gelegt wird. Da während des Versuches der Isolationszustand der Apparate und Apparateteile laufend überwacht werden muß, anderseits aber ihr stetes Ein- und Ausschleusen nicht nur zeitraubend wäre, sondern auch große Unsicherheit in den ganzen Versuchsablauf hineintragen würde, ergibt sich die Notwendigkeit, die erforderlichen Meßleitungen in den Tropenraum einzuführen, um so unmittelbar während der Tropenlagerung Messungen vornehmen zu könen. Es liegt bei den geschilderten Verhältnissen auf der Hand, daß die Errichtung und Inbetriebhaltung eines Tropenraumes recht erhebliche Aufwendungen erfordert.

Der Nachahmung von Seewassereinwirkung oder Seeklima dienen Laboratoriumsversuche mit Salzwasser oder Salzwasser-Sprühnebel. Als angreifendes Mittel benutzt man stets eine dreiprozentige Kochsalzlösung, der bei dem Rührversuch im Schnellprüfverfahren 0,1 % Wasserstoffsuperoxyd zugesetzt wird. Der unmittelbaren Seewassereinwirkung entspricht im Laboratorium der Wechseltauch- und der Rührversuch. Im ersteren Falle werden die Prüflinge in bestimmten Zeitabständen in die Kochsalzlösung getaucht, so daß in stetem Wechsel Benetzen und Wiederauftrocknen stattfindet. Beim Rührversuch werden die Proben längs den Wandungen eines zylindrischen Gefäßes angeordnet, während ein in der Mitte umlaufender Rührer aus Glas die Lösung stets in Bewegung hält, um örtliche Konzentrationsänderungen oder Anreicherung mit Metallsalzabscheidungen aus den Prüflingen zu verhindern. Da die Anwesenheit von Sauerstoff die Korrosion stark befördert, kommt man zu einem Schnellprüfverfahren, in-

[3]) Siehe VDE 0308/1939.

Digitized by Google

dem man bei diesem Rührversuch der Kochsalzlösung noch Wasserstoffsuperoxyd zusetzt. Wechseltauch- und Rührversuch haben vor allem für die Luftfahrttechnik große Bedeutung; sie werden im wesentlichen auf Zerreiß- oder sonstige Prüfstäbe angewendet. Im Fernmeldegerätebau sind beide Verfahren weniger in Benutzung, da sie sich für die Prüfung verschiedenartig geformter Einzelteile weniger gut eignen. Hier benutzt man bevorzugt den Salzwasser-Sprühversuch. Er entspricht in allen Punkten dem zuvor eingehend behandelten Wasser-Sprühversuch, nur daß die versprühte Flüssigkeit in diesem Falle dreiprozentige Kochsalzlösung ist.

Es bleiben noch die Versuche zu erwähnen, bei denen Korrosionsangriffe durch verschiedenartige Chemikalien beobachtet werden. Hierüber lassen sich kaum bestimmte Angaben machen, da naturgemäß die Verhältnisse von Fall zu Fall ganz verschieden liegen. Meist wird man die Prüflinge in die betreffenden Lösungen einhängen oder, sofern es sich um Angriffe gasartiger Medien handelt, in entsprechende Glasglocken einbringen. Bei dem häufigen Fall der Einwirkung flüssiger Lösungen ist es zweckmäßig, die Prüflinge nur teilweise in die Flüssigkeit eintauchen zu lassen, da gerade die Übergangszone von Flüssigkeit zu Luft erfahrungsgemäß besonders korrosionsgefährdet ist. Bei allen diesen Versuchen hat die Oberflächenbeschaffenheit der Proben einen wesentlichen Einfluß. Je rauher die Oberfläche des Prüflings ist, um so schneller und stärker erfolgt der Korrosionsangriff. Will man also nicht Fehlurteilen unterliegen, so ist einer ganz gleichmäßigen Oberflächenausgestaltung sämtlicher Proben besondere Sorge zu widmen. Man wird daher geschwabbelte oder polierte Proben, bei denen eine Oberflächenbegutachtung am leichtesten und sichersten durchführbar ist, bevorzugen. Anderseits darf man aber nicht außer acht lassen, daß das Verhalten der Werkstoffe in der Praxis weit schlechter sein kann, wenn man dort etwa die Oberfläche weniger sorgfältig behandelt.

Erfahrungen mit Korrosionsversuchen.

Zum Schluß soll noch ein Hinweis auf besondere Erfahrungen im Zusammenhang mit Korrosionsversuchen gegeben werden. In der Gerätetechnik spielt die Frage des Korrosionsschutzes unedler Metalle, insbesondere von Eisen, durch Oberflächenbehandlungen, seien es nun galvanische Überzüge oder Lackierungen, eine große Rolle. Häufig genug erlebt man dann die Enttäuschung, daß Überzüge, die sich im Versuch als einwandfrei erwiesen hatten, in der Praxis nicht befriedigen. In der Mehrzahl der Fälle wird aber zu Unrecht die Ursache hierfür in Unsicherheiten der Versuchsdurchführung vermutet. Der Fehler dürfte häufiger darin liegen, daß tatsächlich die Güte der Überzüge im Versuch und in der praktischen Ausführung verschieden war. Bei galvanischen Überzügen sind Schichtstärke und Porosität ausschlaggebend für die erzielte Schutzwirkung; leider treten hierin bei unzureichend überwachter Fertigung zuweilen recht erhebliche Schwankungen auf, und im Hinblick darauf darf z. B. „Vernickeln" durchaus nicht immer gleich „Vernickeln" gesetzt werden. Diese Tatsache wird oft zu wenig beachtet und bei vielen, mit großem Zeit- und Müheaufwand durchgeführten Korrosionsversuchen muß man feststellen, daß nur sehr unvollständige Unterlagen über die tatsächliche Beschaffenheit der untersuchten Schutzüberzüge vorhanden waren. Gerade Versuchsmuster werden meist außerhalb der laufenden Fertigung hergerichtet, und deshalb ist besonders sorgfältige Prüfung vonnöten, ob sie auch wirklich dem Durchschnitt der laufenden Fertigung entsprechen. Ähnlich liegen die Dinge bei Lacküberzügen. Es wird wohl festgelegt, wieviel Grund- und Deckanstriche vorgesehen werden sollen, aber trotzdem können natürlich durch verschieden starken Lackauftrag ganz unterschiedliche Korrosionsschutzwerte erzielt werden. Es sollte daher jedem Korrosionsversuch die gründlichste Untersuchung aller in die Beobachtung einbezogenen Proben vorausgehen; nur so ist die Auswertbarkeit des späteren Versuchsergebnisses gewährleistet.

Zusammenfassung.

Wie in vielen anderen Zweigen der Technik, sucht man sich auch im Fernmeldegerätebau durch Vornahme von Korrosionsprüfungen ein Urteil über die durch klimatische Einflüsse etwa zu erwartenden Schädigungen zu bilden. Da Naturversuche oft umständlich, schlecht wiederholbar und zeitraubend sind, werden in großem Umfange Laboratoriumsprüfungen eingesetzt. Als Bewertungsmaßstab gilt im feinmechanischen Gerätebau nicht so sehr die Veränderung der technologischen Werte, als vielmehr das Auftreten örtlicher Korrosionen und die dabei entstehenden Salzausblühungen. Der Einfluß hoher Feuchtigkeit bei normaler Temperatur wird meist in Sprühschränken untersucht, während Feuchtigkeitsangriff bei erhöhter Temperatur in besonders errichteten Tropenräumen verwirklicht wird. Seeklima- und Seewassereinwirkung werden durch Salzwasser-Sprühnebel oder Wechseltauch- bzw. Rührversuche in Kochsalzlösung nachgebildet. Bei den Tropenraumversuchen geht ein besonders schädigender Einfluß von der auftretenden Betauung der Prüflinge aus. Die Untersuchung korrosionsschützender Überzüge (Metallisierungen oder Lackierungen) führen leicht zu Fehlschlüssen, wenn man sich nicht eindeutige Klarheit über die Stärke und Porosität dieser Schichten verschafft.

Umstellvorschriften für Transformatoren.

VDE-Ausschuß für Transformatoren.

VDE 0532 U.

DK 621.314.21 (083.133.1)

Entwurf.

Einspruchsfrist: 5. Januar 1940.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Diese Umstellvorschriften haben den gleichen Wortlaut wie VDE 0532/XII. 37 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren" mit Ausnahme der nachstehenden Änderungen der §§ 1 und 42.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Umstellvorschriften treten am . . . . in Kraft[1]).

[1]) Genehmigt durch . . . .

§ 42.

Grenzwerte.

Tafel VI, Grenzerwärmungen, wird wie folgt geändert:

Die Grenzerwärmungen für Wicklungen mit Isolierung nach Klasse B, die nach VDE 0532/XII. 37 für einlagige blanke, ebenso dauernd kurzgeschlossene Wicklungen 85° und für alle anderen Wicklungen 80° betragen, werden für Trockentransformatoren auf 95° erhöht.

Die Grenzerwärmung für den Eisenkern bei Trockentransformatoren, die nach VDE 0532/XII. 37 60° beträgt, wird ebenfalls auf 95° erhöht.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

DK 621.242.4 : 621.311.21 (73)

Die 115000 PS-Turbinen der Wasserkraftanlage am Boulder Dam. [Nach I. A. Winter, Engineering 146 (1938) S. 549, 608, 669, 693; 6 S., 14 Abb.]

Die vollständige maschinelle Ausrüstung wird 15 Turbinen mit je 115 000 PS und 2 Turbinen mit je 55 000 PS umfassen[1]; davon sollen 8 große Einheiten im Krafthaus auf dem Nevada-Ufer und 7 große mit den beiden kleineren Einheiten auf dem Arizona-Ufer aufgestellt werden. Hydraulische Verhältnisse: Hochwasser früher rd. 7000 m³/s, zukünftig rd. 2100 m³/s; Kleinstwasser früher rd. 65 m³/s, zukünftig rd. 225 m³/s. Der Oberwasserspiegel wird zwischen den Höhen + 375 m und + 305 m, der Unterwasserspiegel zwischen + 203 m und + 190,5 m schwanken. Normalerweise (während 90% der Häufigkeit) rechnet man mit Nutzfallhöhen zwischen 137 m und 170 m, im Mittel mit etwa 162 m.

Die 115 000 PS-Turbinen sind vertikale Francis-Turbinen, Drehzahl 180/350, Wassermenge 71,5 m³/s bei einer Fallhöhe von 145 m. Das Spiralgehäuse aus Gußstahl hat einen Einlaufdurchmesser von 3,05 m, der Übergang zum Leitring hat 475 mm Lichthöhe. Zwischen Einlauf und Leitschaufeln wird die Geschwindigkeit von 16% auf 50% der freien Ausflußgeschwindigkeit bei Konstruktionsfallhöhe beschleunigt. Am Laufradeintritt ist v gleich 27 m/s, am Austritt 7,6 m/s, am Saugrohrauslauf 1,53 m/s entsprechend 0,1% der Gesamtenergie. Spirale und Stützring bilden eine zusammenhängende Konstruktion und werden gemeinsam aus Stahlguß hergestellt. Beide wurden einer Druckprobe von 35 kg/cm² in der Werkstatt unterzogen, und während des Vergießens auf der Baustelle mit Beton wurde ein Innendruck von 15,5 kg/cm² gehalten. Das Laufrad aus Gußstahl hat 19 Schaufeln und hängt an einer Welle von 950 mm Dmr. Laufrad und Turbinenwelle können auf dem obersten Saugrohrring abgesetzt werden. Der Leitapparat hat 24 bewegliche Schaufeln aus Gußstahl mit niedrigem Chrom-Vanadium-Mangan-Gehalt. Rostfreier Stahl wurde aus wirtschaftlichen Gründen nicht verwandt. Die wie üblich angeordneten druckölgesteuerten zwei Servomotoren haben ein Arbeitsvermögen von 36 000 tm. Schließen des Leitapparats aus dem vollständig geöffneten Zustand kann in 4 s erfolgen. Der Öldruck beträgt 17,5 bis 21 kg/cm². Der 3 m lange obere Teil des Saugrohres ist aus Gußstahl, hier sind zwei Mannlöcher als Zugang zum Laufrad vorgesehen. Die anschließende Saugrohrauskleidung aus 19 mm Stahlblechen ist durch T-Eisen an den Außenseiten versteift; der Zusammenbau erfolgte durch Schweißung. Der 10,50 m breite Auslauf der Saugrohrauskleidung wird durch eine ebenfalls mit Stahlblech verkleidete Trennwand von 1,50 m Stärke unterteilt. Jede Turbine ist mit einem hydraulischen Druckregler ausgerüstet, welcher von dem Geschwindigkeitsregler aus gesteuert wird und welcher mindestens 80%, jedoch nicht mehr als 100% der durch den Regler von der Turbine abgeschalteten Wassermenge vorübergehend ins Unterwasser abführt. Nach der Entlastung der Turbine aus Vollast in 4 s öffnet sich der Druckregler für 80% der Turbinenwassermenge und schließt sich wieder nach weiteren 36 min. Bei den angestellten Entlastungsversuchen zeigte sich eine gute Energieumsetzung; der Strahl wurde belüftet. Bei Teilöffnungen zeigten sich Vibrationen, anscheinend infolge Bildung von Unterdruck. Der Unterwasserspiegel war dann starken Schwankungen ausgesetzt, und man beobachtete ein Leuchten an der Wasseroberfläche, das in der Nacht sogar das Betonbauwerk erhellte. Als Ursache wird die rasche Umsetzung der bedeutenden Energiemengen angegeben. Die Schmierölversorgung für die Trag- und Führungslager erfolgt durch zwei Motorpumpen, eine für Drehstrom 440 V, die andere für 250 V Gleichstrom, welche bei Störungen im normalen Drehstrombetrieb selbsttätig die Ölversorgung übernimmt. Das Öl wird in den Ölbehältern durch Kühlschlangen mit Wasserumlauf gekühlt. Auch eine elektrische Ölaufwärmung ist vorgesehen, da die Raumtemperatur auf —1 °C sinken kann. Ein Maschinensatz benötigt 16 000 l Öl für eine Füllung, davon 7000 l Regleröl. Für die zahlreichen Schmierstellen am Leitapparat usw. wurde eine teilweise Zentralschmierung eingerichtet, welche die Abschmierung einer Turbine in 2,5 h ermöglicht; der größte Druck beträgt 280 kg/cm². Die Drehzahlregelung erfolgt durch einen Öldruckregler mit elektrischem Pendelantrieb. Der Regler ist derart vorgesehen, daß der Hauptstromerzeuger mit 50 oder mit 60 Hz betrieben werden kann. Drehzahländerungen von Leerlauf bis Vollast werden von 0 bis 5% eingeregelt. Bereits bei einer Drehzahlschwankung von 0,01% erfolgt die entsprechende Beeinflussung des Leitapparates. Falls der Pendelantrieb versagt, schließt der Regler die Turbine selbsttätig. Die elektrischen Fernleitungsverhältnisse sind derart, daß es erforderlich war, die Stromerzeuger als Phasenschieber zu verwenden. Da die Laufräder im Unterwasser waten würden, werden die Turbinen durch Einpressen von Druckluft, welche von zwei Kompressoren geliefert wird, entleert. Die Antriebsleistung konnte von 6000 kW auf 500 kW vermindert, also Wasserverlust sowie Erhöhung des Korrosionsrisikos vermieden werden. Der Unterwasserspiegel kann in etwa 7 ½ min bis auf 1,50 m unter Laufradunterkante innerhalb des Saugrohres abgesenkt werden. Die Spaltringe des Laufrades werden bei Phasenschieberbetrieb wassergekühlt.

Ui.

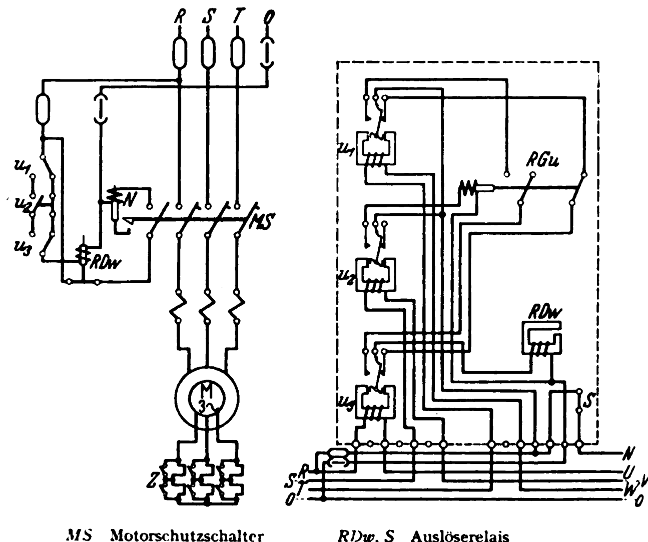
[1] S. a. K. Rißmüller, ETZ 58 (1937) S. 265.

Elektrische Maschinen.

DK 621.316.717 : 621.314.53

Ein neuer Zentrifugalanlasserschutz für Umformer. [Nach E. Diggelmann, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 253; 1½ S., 3 Abb.]

Die bisherigen aus Fliehkraftschalter und Verzögerungsrelais bestehenden Schutzvorrichtungen sind im Verhältnis zur Anlage recht teuer und bei nachträglichem Anbau bisweilen schwierig einzubauen. Da bei Umformern die Betriebsstörungen durch allpolig vorhandene ungenügende Netzspannung oder Frequenz sowie durch dauernde unzulässige Überlastung des Motors wenig vorkommen, kann an Stelle des Fliehkraftschalters ein Phasenschutzrelais nach Abb. 1 verwendet werden, dessen innere Schaltung in Abb. 2 gezeigt ist. Bei einer bisher bewährten Ausführung beträgt das Verhältnis von Ansprech- zu Nennstrom 1 : 10, so daß die Ansprechgrenze immer unter dem Leerlaufstrom des zu schützenden Asynchronmotors liegt. Das Relais umfaßt drei empfindliche Magnetsysteme mit Z-Drehanker, Steuerschalter und Stromspulen sowie ein Hilfsrelais



MS Motorschutzschalter
N Nullspannungsmagnet
Z Zentrifugalanlasser
u_1, u_2, u_3 Stromrelais
RDw Auslöserelais

RDw, S Auslöserelais
RGu Hilfsrelais
N Nullspannungsauslösung

Abb. 1. Übersichtsbild des Zentrifugalanlasserschutzes.

Abb. 2. Phasenschutzrelais.

Digitized by Google

RGu und Verzögerungsrelais *RDw*, dessen Schalter *S* bei unerregtem Relais einen Stromkreis trennt; die Schalterblockierung verhindert, daß die Anlage bei Verwendung von Schützen mit Dauerkontaktgabe bei allpolig wiederhergestellten normalen Netzverhältnissen von selbst wieder in Betrieb geht. Dieses Phasenschutzrelais ist für Motorschutzschalter mit Nullspannungsspulen oder auch für impulsgesteuerte Schaltschütze verwendbar. Bei störungsfreiem Netz sind alle drei Spulen des Phasenschutzrelais gleichmäßig erregt; die Kontakte der Steuerschalter u_1, u_2, u_3 stehen alle gleichartig und sind dann in Abb. 2 nach links geschlossen, wodurch der Stromkreis zum Auslöserelais *RDw* geschlossen ist. Wird eine Phase stromlos, so ändert sich die zugehörige Steuerschalterlage und die Erregung des Auslöserrelais, wodurch der Schalter *S* mit Federkraft öffnet und den Motor abschaltet. Vorteile dieser Anordnung sind geringe Geräte- und Einbaukosten sowie leichte nachträgliche Einbaumöglichkeit. In Verbindung mit einem Spannungsrelais ist dieser Fliehkraftanlasserschutz innerhalb gewisser Grenzen auch für Arbeitsmaschinen verwendbar, wenn der auftretende Drehzahlrückgang nicht durch zu heftige Überlastungen verursacht wird. *Tsch.*

DK 621.315.615.9 : 621.314.2 : 621.335

Pyranoltransformatoren für Lokomotiven. [Nach L. H. Burnham, Rly. electr. Engr. 29 (1938) S. 160; 2½ S., 7 Abb.]

Bei den in Lokomotiven fast ausschließlich eingebauten, künstlich belüfteten Trockentransformatoren wird mit der Kühlluft feiner Staub eingesogen, der sich auf den Wicklungen des Transformators ablagert. Dieser Staub besteht zu 40 bis 45% aus leitenden Bestandteilen (Bremsstaub), die den Wert der Wicklungsisolation beträchtlich herabmindern. Außerdem zerstört der in der Kühlluft enthaltene Staub mit der Zeit die Lackschutzschicht der Spulen, so daß von der Luft mitgeführte Feuchtigkeit und Schnee eine rasche Alterung der Isolation herbeiführen. Die Wicklung muß daher häufig gereinigt, getrocknet und neu imprägniert werden, was jedesmal einen großen Aufwand erfordert. Wegen der Nachteile sowohl des wegen Feuersgefahr unerwünschten ölgefüllten Transformators als auch der Trockentransformatoren sind mehr als 1400 Pyranoltransformatoren[1]) mit einer Gesamtleistung von etwa 400 MVA in stationären Anlagen zum Teil seit über fünf Jahren in Betrieb. Bei der Verwendung von Pyranoltransformatoren auf Lokomotiven ergeben sich gegenüber der Trockentype die gleichen Vorteile, die der Öltype eigen sind, nämlich einfachere Pflege, höhere elektrische Sicherheit und Überlastbarkeit, größere Lebensdauer der Isolation und Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse. Die Kühlung der Pyranoltransformatoren entspricht der der Öltransformatoren, d. h. das Pyranol zirkuliert entweder infolge seines natürlichen Auftriebes durch die von außen beblasenen Radiatoren, oder es wird bei großen Einheiten durch eine Umlaufpumpe bewegt. Pumpe samt Motor sind in diesem Falle unterhalb des Flüssigkeitsspiegels in den Pyranolkessel eingebaut. Damit ist das Eindringen von Luft infolge von Undichtigkeiten der Pumpenstopfbuchse und der Rohrleitung vermieden. Das Gesamtgewicht einschließlich der Kühleinrichtung ist (wegen des höheren spez. Gewichtes von Pyranol) etwa 6% höher als bei einer entsprechenden Öltype. *R. K.*

Geräte und Stromrichter.

DK 621.318.42

Die Verstärkerdrossel. [Nach K. Reuß, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 12, S. 777; 24 S., 9 Abb.]

Die Verstärkerdrossel ist ein induktiver Widerstand, der mit Hilfe von Gleichstrommagnetisierung (Steuerdurchflutung) verändert wird. Liegt ein ohmscher Lastwiderstand in Reihe mit der Verstärkerdrossel an Wechselspannung, dann kann die im Lastwiderstand verbrauchte Nutzleistung durch Anwendung der Steuerdurchflutung gesteuert werden. Die Steuerleistung ist bei geeigneter Wahl des Kernwerkstoffs und der Drosselabmessungen wesentlich kleiner als die gesteuerte Nutzleistung, so daß eine Verstärkerwirkung vorhanden ist. — Der Steuervorgang wird theoretisch behandelt und daraus ein Verfahren abgeleitet zur Berechnung von Verstärkerdrosseln. An Hand eines Beispiels wird der Steuervorgang erläutert und eine Beziehung abgeleitet, die die wirtschaftlichste Aussteuerung bezüglich der Steuerleistung kennzeichnet. Zur Lösung dieser Aufgabe war es zweckmäßig, das magnetische Verhalten des Drosselkerns durch ein Gleichungssystem auszudrücken, was trotz der komplizierten Form der Kennlinien befriedigend gelang. Die gewonnenen Erkenntnisse werden auf eine Drosselform beliebiger Größe erweitert. Dabei wird außerdem auf den Einfluß der Frequenz, das Verhältnis Leerlaufstrom zu ausgesteuertem Strom, den Aussteuergrad und die Leerlaufbedingungen eingegangen. Zum Schluß werden verschiedene Ein- und Dreiphasenschaltungen beschrieben und ihre Berechnung gezeigt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in zahlreichen Schaubildern niedergelegt.

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.72.027.3

Ein Hochspannungsmesser für 600 kV. [Nach H. Böcker, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 12, S. 801; 6 S., 8 Abb.]

Das von Rogowski und Böcker[1]) entwickelte Hochspannungsmeßverfahren benutzt bekanntlich zur Messung der elektrostatischen Kräfte am Thomsonschen Schutzringkondensator eine elektrische Druckdose; die genaue absolute Messung geschieht mit dem sogenannten Druckspulsystem, welches, mit Gewichten geeicht, die elektrostatischen Kräfte zu kompensieren gestattet. In Weiterentwicklung dieses Meßverfahrens hat H. Böcker ein Meßgerät für 400 kV effektive Wechselspannung bzw. etwa 600 kV Scheitelwert gebaut (Abb. 3). Das

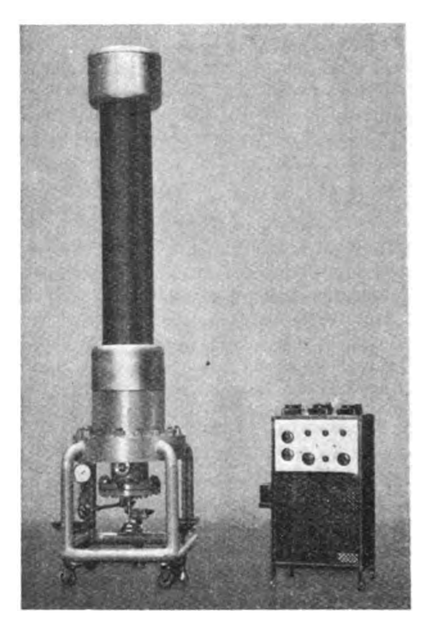


Abb. 3. Hochspannungsmesser für 400 kV Wechselspannung, 600 kV Gleichspannung mit Kohlensäuregasfüllung von max. 17,5 atü. Bauhöhe 2,9 m.

Gehäuse ist mit Kohlensäure von 15 at Überdruck gefüllt. Die Meßeinrichtung dieses Gerätes hat sich äußerlich gegen die in dem früheren 150 kV-Messer nicht geändert. In ihrer Wirkung hat sie jedoch wesentliche Verbesserungen erfahren: Einführung der reinen Brückenschaltung bei der Meßdose, Erregung der Meßdose durch einen stabilisierten 600 Hz-Röhrengenerator, sehr genaue Abstandsplanparallel- und -endeinstellung durch mehrere Justiermöglichkeiten. Als Spannungsdurchführung in die Meßkammer dient eine Hartpapierrohrdurchführung, deren Spannungsverteilung mit einem Innenschirm vergleichmäßigt wird. Das Gerät hat eine Eigenkapazität von ungefähr 40 pF, so daß es bei 400 kV und 50 Hz eine Blindlast von etwa 3000 VA aufnimmt. Um das Meßverfahren einer objektiven Prüfung zu unterziehen, wurde ein Thomson-Elektrometer mit 20 cm Plattenabstand (höchster Fehler 2‰), 1 m Plattendurchmesser und einer Präzisionswaage errichtet. Ein Vergleich beider Meßgeräte bei 50 und 100 kV brachte sogar in dem verhältnismäßig niedrigen Meßbereich eine größte Abweichung von nur ½%. — Die vorliegende Arbeit befaßt sich ferner mit der für druckgasisolierte Hochspannungsgeräte wichtigen Frage des Überschlages in Preßgasen. Man weiß, daß bei äußerst trockener Oberfläche die Überschlagfeldstärke an die Durchschlagfeldstärke der Elek-

[1]) J. Biermanns, ETZ 58 (1937) S. 622, bes. S. 659.

[1]) Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 44; ETZ 59 (1938) S. 123.

Digitized by Google

trodenanordnung heranreicht. Für feuchte Oberflächen in Druckgefäßen, die in den meisten Fällen nicht zu vermeiden sind, kennt man die Gesetzmäßigkeit noch nicht. Verfasser hat daher im Druckbereich von 1 bis 25 Atm. abs. in Luft Überschlagsmessungen an feuchten Oberflächen durchgeführt (Abb. 4) und festgestellt, daß man nur mit geringen Überschlagfeldstärken im Gegensatz zu den hohen Durchschlagfeldstärken in Preßgasen rechnen darf. Messungen an Stickstoff und

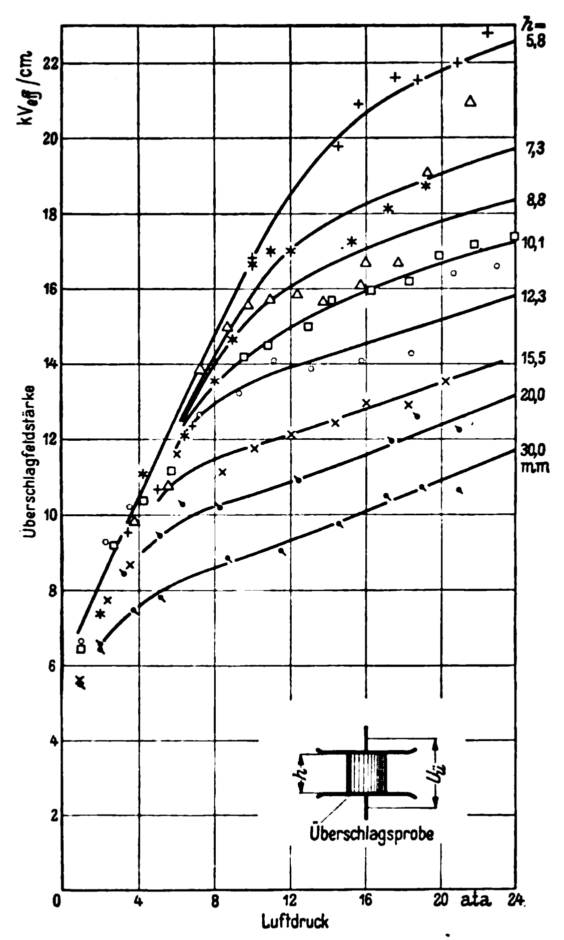


Abb. 4. Überschlagspannung von Glasproben verschiedener Höhe h in Luft von hohem Druck, die mit Wasserdampf gesättigt ist. Steigerung der Spannung: 5 kV/s.

Kohlensäure zeigen das gleiche Ergebnis. Den Überschlagfeldstärken für feuchte Oberflächen in Preßgasen kommt die gleiche Allgemeingültigkeit zu wie dem bekannten Überschlagwert-feucht bei Atmosphärendruck von etwa 7 kV je cm Überschlagweg, nämlich unabhängig zu sein vom Werkstoff und seinen Oberflächen, dem Durchmesser der Körper und in grober Annäherung auch von den Feldverhältnissen.

DK 535.33 : 537.525.4 : 621.317.6

Eine Anordnung zur direkten photoelektrischen Ausmessung von Funkenspektren. [Nach W. Meyer-Eppler, Arch. Elektrotechn. 30 (1939) H. 12, S. 763; 13½ S., 8 Abb.]

Bei der unmittelbaren lichtelektrischen Ausmessung von Funkenspektren treten wegen der geringen Entfernung zwischen Meßeinrichtung und Funkenerzeuger elektromagnetische Störungen auf, die zu einer Blockierung des zur Messung verwendeten Gleichstromverstärkers führen. Zur Beseitigung der Störungen wurde eine Gegentaktschaltung mit induktiver Gegenkopplung entwickelt, die eine ungestörte Messung von Photoströmen von 10^{-9} bis 10^{-10} A ermöglicht. Der Abstand zwischen Funkenerzeuger (Anlage nach Feußner) und Verstärker beträgt 80 cm. Die Konstanz der Entladungsbedingungen im Funken kann durch Verwendung von Zylinderelektroden mit Schutzring zur Homogenisierung des Feldes erhöht werden; die Intensitätsschwankungen werden auf die Hälfte herabgesetzt.

DK 621.317.373

Ein Gerät zur Messung von Phasenverschiebungen. [Nach W. Mikelson, Gen. Electr. Rev. 41 (1938) S. 557; 2 S., 2 Abb.]

Zur Messung der zeitlichen Verschiedenheit des Spannungsvektors an den einzelnen Stellen eines Netzes ist ein Meßgerät entwickelt worden (Abb. 5).

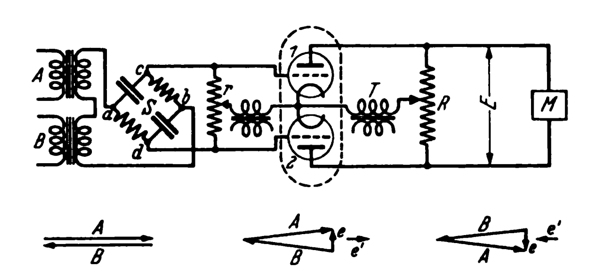


Abb. 5. Schaltbild des Gerätes zur Messung von Phasenverschiebungen.

Die beiden zu untersuchenden Spannungen A und B, die praktisch gleich groß sind, werden über zwei Transformatoren gegeneinander geschaltet. Falls eine Phasenverschiebung zwischen den Spannungen vorhanden ist, ergibt sich eine Differenzspannung e, die in erster Näherung auf A und B senkrecht steht. e wird einem Netzwerk a—b—c—d zugeführt, in welchem eine zu e verhältnisgleiche Spannung e' entsteht, die auf e senkrecht, also in Phase oder Phasenopposition zu A und B steht. Die Spannung e' wird unter Benutzung des Teilers r einer Gegentaktschaltung von zwei Trioden gitterkathodenseitig zugeführt. Unter Zwischenschaltung des Widerstandes R liegen diese Trioden mit Anode und Kathode über den Transformator T an einer der beiden Spannungen A oder B.

Ist e Null, so fließen in den beiden Röhren *1* und *2* während der positiven Halbwelle der Anodenspannung gleichgroße Ströme. Die Summe der hierbei erzeugten Teilspannungsabfälle an R ist dann Null. Ist dagegen e von Null verschieden, so werden die beiden Anodenströme voneinander verschieden, und je nach der Phase von e überwiegt der Strom in *1* oder der in *2*. Am Widerstand R entsteht dann eine gleichgerichtete Differenzspannung, deren Polarität von der Richtung e und deren Amplitude von der Größe der Phasenverschiebung abhängt. Die so entstehende Spannung E wird mit einem Drehspulinstrument gemessen, dessen Nullpunkt in der Mitte liegt. Das in der Originalarbeit abgebildete Instrument hat einen Meßbereich von $\pm$ 2 Grad Phasenverschiebung. Die Skala ist praktisch linear. — Sind A und B zwar phasengleich, aber in ihrer Amplitude verschieden, so entsteht an den Gittern eine zur Anodenspannung um 90° phasenverschobene Spannung, die keine Ströme bewirkt, welche an R eine pulsierende Gleichspannung erzeugen. *Bks.*

DK 621.315.336

Messung der plastischen Verformung von kunststoffisolierten Leitungen bei Druck- und Wärmebeanspruchung. [Nach H. Viehmann, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 203; 2 S., 3 Abb.]

Die seither bekanntgewordenen Meßverfahren[1]) haben den Nachteil, daß sich je nach der Biegesteifigkeit der Leiter (Volldraht oder verschieden steife Litze) entsprechend unterschiedliche Druckbeanspruchungen einstellen können, wodurch das Prüfergebnis an Sicherheit einbüßt. Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) ist daher dazu übergegangen, die Druckbeanspruchungen durch zwei sich parallel gegenüberstehende Schneiden zu erzeugen. Damit ist gleichzeitig eine der gefährlichsten Beanspruchungen in der Praxis nachgebildet, wenn nämlich eine Leitung über eine Kante geführt ist und dann auf Zug beansprucht wird. Das in der DVL für diese Prüfung entwickelte Gerät gestattet ferner auf einfache Weise mit Hilfe einer Meßuhr, die Dickenänderung der Isolation während der Beanspruchungszeit zu verfolgen, was früher nur an Isolierstoffen, die in Plattenform vorlagen (mit Hilfe der Kugeldruckprüfung[2]) möglich war. *Vb.*

[1]) VDE 0285/II. 38; ETZ 59 (1938) S. 155.
[2]) Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 336.

Digitized by Google

Elektrische Antriebe.

DK 621.34 : 629.12

Das Umsteuern beim elektrischen Schiffsantrieb. [Nach Mitzlaff, Werft Reed. Hafen 20 (1939) S. 32; 3 S., 6 Abb.]

An Hand verschiedener Kurven, die mit dem Modell eines schnellen Schiffes in der Hamburgischen Versuchsanstalt aufgenommen wurden, wird über Brems- und Auslaufversuche berichtet. Daraus geht hervor, daß die wirksamste Bremsung des Schiffes bei geringer Vorwärtsdrehzahl des Propellers eintritt (etwa 20% der vollen Vorausdrehzahl). Der Verfasser entwickelt ein Verfahren, bei dem der Ständer des Propellermotors auf einen abgestimmten Widerstand geschaltet und der Läufer erregt wird. Die Bremsleistung wird somit außerhalb des Motors in Widerständen vernichtet, die im Verhältnis zur Gesamtanlage nur geringen Gewichts- und Platzbedarf haben (etwa 1,2 t und 1,4 m³ für einen 30 000 PS-Schnelldampfer). Nachdem auf rd. 1/3 der Schiffsgeschwindigkeit abgebremst ist, wird umgesteuert. Im praktischen Betrieb wird man dem Manövrierschalter eine Bremsstellung geben, die beim Umsteuern zwangsläufig durchschaltet werden muß. Diesem Verfahren des synchronen Bremsens wird das asynchrone Bremsen gegenübergestellt. Dabei wird die gesamte Bremsleistung im Propellermotor in Wärme umgesetzt, was zu größeren Abmessungen des Motors führt. Aus der Diskussion, die weitere Einzelheiten bringt, geht hervor, daß das elektrische Umsteuern bei Wechselstromantrieb noch nicht eindeutig gelöst ist. *R. Ht.*

DK 621.34-58 : 621.941

Elektrische Drehzahlregelung an Drehbänken. [Nach K. Maecker, Werkstattstechnik 33 (1939) S. 97; 8 S., 14 Abb.]

In einer Zusammenstellung der Regelmöglichkeiten wird die Verwendung von polumschaltbaren Motoren an Revolverbänken, die häufiges Umsteuern verlangen, besonders hervorgehoben. Die Arbeit bringt eine Aufzählung und Abhandlung der bekannten Regelmöglichkeiten. Auch ist die Eigenheit von Drehbankantrieben für häufiges Umschalten schon an anderen Stellen ausführlich behandelt worden[1]). Hierbei muß festgestellt werden, daß die in der neuzeitlichen Fertigung erforderlichen hohen Umsteuerzahlen der Arbeitsspindel (bei der Bearbeitung von Kurzgewinden und Leichtmetallen) durch mechanische Kupplungen (Lamellen-Kupplungen) überhaupt nicht erzielt werden können und lediglich durch entsprechende Sondermotoren zu erreichen sind.

Für einen neuzeitlichen Drehbankantrieb sind Doppelmotoren und Frequenzregler ebenso wie die Widerstandsregelung bei Drehstrom-Schleifringanker- oder Gleichstrom-Nebenschlußmotoren ohne praktische Bedeutung. Bei mittleren Leistungen ist der Drehstrom-Nebenschlußmotor in besonders gelagerten Fällen mit gutem Erfolg verwandt worden. Diese vereinzelte Anwendung erklärt sich durch die hohen Anlagekosten, die Werte erreichen, für die Regelantriebe mit Umformersätzen (Leonardsätzen) erstellt werden können. Bei der zunehmenden Bedeutung, die Leonardsätze für den Antrieb von Werkzeugmaschinen haben, ist die Behandlung dieses Kapitels besonders wertvoll. In den meisten Fällen ist es jedoch zweckmäßig, reine Spannungsregelung zu verwenden, um dadurch die Bedienung zu vereinfachen und die Umsteuerzeiten klein zu halten. Nach dem gegenwärtigen Stand im Drehbankbau werden polumschaltbare Drehstrom-Motoren auch für 3 und 4 Drehzahlen, hauptsächlich auf Sondermaschinen, insbesondere Revolver- und kleinen Drehbänken, beschränkt bleiben. Für mittlere und größere Drehbänke (Revolver) bereitet sich auch die Einführung von Leonardsätzen vor, da diese auf dem Gesamtgebiet des Werkzeugmaschinenantriebes schon seit einigen Jahren immer mehr an Boden gewinnen.

Antriebe mit gittergesteuerten Gleichrichtern stehen gegenwärtig erst am Anfang der Entwicklung. Für kleine Leistungen sind ähnlich wie im Auslande Glühkathodenröhren vereinzelt verwendet worden.

Die erwähnten polumschaltbaren Hobelmotoren für Umsteuerung haben sich bei Hobelmaschinen aus vielen Gründen bisher noch nicht einführen können. Für Hobelmaschinen erreicht man bei hohen Geschwindigkeiten und hohen Umsteuerzahlen mit Leonardsätzen die wirtschaftlichste Form des Antriebes. *W. Ch.*

[1]) W. Chladek, Werkzeugmaschine (1936) H. 20, S. 483.

Fernmeldetechnik.

DK 621.395

Über die Mischung ungleich großer Fernsprechverkehrswerte. [Nach L. A. Pischetsrieder, Veröff. Gebiet Nachr.-Techn. 8 (1938) S. 651; 12½ S., 10 Abb.]

In Deutschland macht man bei der Berechnung der Leitungen (Wähler) für eine Wählanlage bekanntlich Zuschläge zu dem Verkehrsteilwert nach der sogenannten Gruppenzuschlagtheorie, wenn ein Bündel (Verkehrswert) in mehrere gleiche Bündel (Verkehrswerte) aufgeteilt wird, und entsprechende Abzüge von den Verkehrswerten der Einzelbündel, wenn mehrere gleichgroße Bündel (Verkehrswerte) zu einem Bündel zusammengefaßt werden. Der Verfasser untersucht, wie zu verfahren ist, wenn ein Bündel in ungleiche Teile aufzuteilen oder ungleiche Bündel zu einem Bündel zusammenzufassen sind. Er geht davon aus, daß der Fernsprechverkehr eines Bündels schwankt und daß die Schwankungen um den Mittelwert, den er „Kern" nennt, um so geringer sind, je größer die Verkehrsmenge ist. Auch die HVSt eines Bündels schwankt nach der gleichen Gesetzmäßigkeit (Bernoullisches Theorem) um einen festen „HVSt-Kern" wie die einzelnen Gleichzeitigkeitswerte um den Kern der Verkehrsmenge, den HVSt-Wert selbst, schwanken. Es ist deshalb möglich, die HVSt auf einen nicht oder nur sehr wenig schwankenden „HVSt-Kern", der sich über größere Zeiträume erstreckt, zurückzuführen. Umgekehrt kann man von einem solchen Kern vieler HVSt ein und desselben Bündels den Verkehrswert seiner tatsächlich zu erwartenden HVSt ableiten. Der Verfasser beweist, daß das Bernoullische Theorem auch für die Zeiteinteilung gilt und daß man unmittelbar auf die von Lubberger rein theoretisch gefundenen Gruppenzuschlagskurven kommt. Dann zeigt er die Anwendbarkeit des Bernoullischen Theorems bzw. der sich aus der Bernoullischen Gleichung ergebenden Rekursionsformel bei der Zusammenfassung gleich großer wie ungleich großer und beliebig vieler Kerne zur Ermittlung der resultierenden Höchstschwingung (Gleichzeitigkeit) um den Kern. Nicht schwankende oder sehr wenig schwankende Verkehrsmengen größerer Zeiträume (Kerne) können skalar zusammengesetzt werden. Die so entstehende Verkehrsmenge stellt dann den Kern dar, um den der Verkehrswert der zu erwartenden größten HVSt schwingt. Man kann also rein theoretisch den zu erwartenden Höchstfall, die größte HVSt, ermitteln.

An Beispielen erläutert der Verfasser, daß das Verfahren sich praktisch einfach gestaltet und keine schwierigen Rechnungen erfordert. Sollen beliebig viele und verschieden große Bündel zu einem Bündel zusammengefaßt werden, so ist zunächst für jedes Bündel aus dem Spitzenwert, der in mehreren Stunden, z. B. 10, festgestellt worden ist, der Kern zu ermitteln. Jeder Kern wird mit der Zahl der Stunden, z. B. 10, vervielfältigt. Die für die Einzelbündel so gefundenen Werte, also z. B. die 10-Stundenwerte, werden zusammengezählt; die Gesamtsumme wird durch die Zahl der Stunden, z. B. 10, geteilt. Zu dem sich ergebenden Mittelwert wird der für die betreffende Unterteilung nach der Zeit, z. B. 10, geltende Zuschlag gemacht. Der so gefundene Wert ist der für die Berechnung zugrunde zu legende Verkehrswert der HVSt in dem zu bildenden gemeinsamen Bündel.

Soll der Verkehrswert eines Bündels in beliebig viele und verschieden große Teilverkehrswerte (Teilbündel) unterteilt werden, so ermittelt man zunächst den Spitzenverkehrswert für das kleinste Teilbündel aus dem gegebenen HVSt-Wert unter Anwendung des für die Unterteilung geltenden Gruppenzuschlags. Dann stellt man fest, welches Vielfache die anderen Teilbündel gegenüber dem kleinsten Teilbündel darstellen und macht zu den Verkehrsteilwerten die ihrem Vielfach jeweils entsprechenden Zuschläge.

Das Verfahren füllt eine Lücke bei der Berechnung des Leitungs- und Wählerbedarfs für Wählanlagen in einer den praktischen Bedürfnissen genügenden Weise aus. *Rlg.*

DK 621.395.647.2

Mehrstufige Fernsprechverstärker mit zwei Rückkopplungskreisen. [Nach Y. Watanabe u. S. Okamura, Nippon electr. Comm. Engng. 6 (1938) S. 484; 9 S., 20 Abb.]

Der Aufsatz behandelt einen mehrstufigen Fernsprechverstärker mit zwei Rückkopplungskreisen (Abb. 6), der gegenüber dem Verstärker mit einem einfachen Rückkopplungskreise (negative Rückkopplung oder Gegenkopplung) wesentliche Vorteile besitzen soll.

Die günstigsten Arbeitsbedingungen für diesen Verstärker liegen dann vor, wenn der Ausdruck $|1 - \mu_1 \beta_1| = |\alpha|$ zu Null

Digitized by Google

wird oder zumindest klein gegenüber $|\mu_1 \mu_2 \beta_2|$. Dabei ist μ_1 die Verstärkung der ersten Stufe, μ_2 die Verstärkung der zweiten Stufe, β_1 der Teil der Ausgangsspannung hinter der ersten Stufe und β_2 der Teil der Ausgangsspannung hinter der zweiten Stufe, der auf den Verstärkereingang zurückgekoppelt wird. Die Gesamtverstärkung A des Verstärkers mit doppelter Rückkopplung wird gleich $1/\beta_2$ für den Fall, daß $|\alpha| = |1 - \mu_1 \beta_1| \ll |\mu_1 \mu_2 \beta_2|$ ist. Beim Verstärker mit einfacher Rückkopplung ($\beta_1 = 0$) wird $A = 1/\beta_2$ erst dann, wenn $1 \ll |\mu_1 \mu_2 \beta_2|$ ist. Es läßt sich daher beim Verstärker mit doppelter Rückkopplung schon mit einer geringeren Gegenkopplung β_2, also auch mit einem geringeren Verlust an Verstärkung, die gleiche Stabilisierung erreichen wie

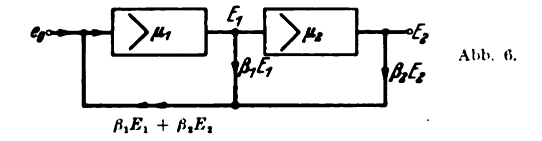


Abb. 6.

$\beta_1 E_1 + \beta_2 E_2$

beim Verstärker mit einfacher Rückkopplung. Auch hinsichtlich des Klirrfaktors tritt eine Verbesserung ein. Der Klirrfaktor zweiter Ordnung k_{20} wird dann, wenn er im wesentlichen in der Endstufe entsteht, durch die doppelte Rückkopplung zu $k_2 = k_{20} \frac{A}{\mu_1 \mu_2} \alpha$ verkleinert. Er ist also um den Faktor α kleiner als beim Verstärker mit einfacher Rückkopplung, für den der entsprechende Ausdruck $k_2 = k_{20} \frac{A}{\mu_1 \mu_2}$ lautet. Die Schwierigkeiten beim Bau derartiger Verstärker liegen darin, für den gesamten Übertragungsbereich den Ausdruck $|\alpha| = |1 - \mu_1 \beta_1|$ möglichst gleich Null zu machen oder anders ausgedrückt das Produkt $\mu_1 \beta_1$ sowohl nach Betrag wie Phase zu 1 werden zu lassen, da die Kopplungselemente unvermeidliche Phasendrehungen hervorrufen. Der in einem Versuchsverstärker für α erreichte Wert wird mit etwa — 40 db = — 4,6 Neper angegeben. *Knk.*

DK 621.392 : 621.396.671.4

Über den Scheinwiderstand gespreizter Doppelleitungen. [Nach J. Großkopf, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- und Fernseh-Techn. 28 (1939) S. 8; 8 S., 8 Abb.]

Für die Ermittlung der Strom- und Spannungsverteilung auf Antennen ist es üblich, in erster Näherung die Differentialgleichungen für homogene Leitungen mit konstanten bezogenen Kapazitäten und Induktivitäten zu verwenden. Bei einer Reihe von Antennenarten läßt sich diese Annahme nicht mehr gut vertreten. So muß bei der V-Antenne, der Rhombusantenne, der Fischbauchantenne, ja sogar bei der gewöhnlichen Vertikalantenne mit veränderlichen Leitungskonstanten gerechnet werden, wenn eine über eine erste Näherung hinausgehende Übereinstimmung mit der Praxis erzielt werden soll. Insbesondere tritt bei den reflexionsfrei abgeschlossenen Rhombusantennen mit fortschreitenden Wellen mit der Frage nach der Größe des am fernen Ende der Antenne erforderlichen Abschlußwiderstandes die Frage nach dem Wellenwiderstand der Antenne auf. Hier ist nicht zu erwarten, daß, wie bei der Paralleldrahtleitung, der Wellenwiderstand reell und konstant ist, so daß die Möglichkeit eines einfachen, konstanten, für alle Wellenlängen wirksamen reflexionsfreien Abschlusses fraglich erscheint. Mit dieser Frage aber steht oder fällt z. B. der Vorteil der Rhombusantenne überhaupt, der u. a. ja in ihrer Frequenzunabhängigkeit bestehen soll. Des weiteren sucht man in der Kurzwellenantennentechnik häufig den plötzlichen Übergang zwischen zwei Leitungen verschiedenen Wellenwiderstandes dadurch zu mildern, daß man zwischen die Leitungen ein Übergangsstück in Gestalt einer gespreizten Leitung schaltet. Es fragt sich hier, ob nicht die vermiedenen Reflexionen am Anfang und Ende des Übergangsstückes durch innere Reflexionen wieder erscheinen. — Der Verfasser stellte sich daher die Aufgabe, die Leitungsgleichungen für eine gespreizte Leitung und eine Rhombusantenne aufzustellen, und die Strom- und Spannungsverteilung sowie die Widerstände zu ermitteln. Die Lösung der Differentialgleichung des Problems wird besonders einfach und übersichtlich, wenn man die geradlinigen Begrenzungsformen der gespreizten Leitung durch den Ansatz $L = L_1 x^a$ annähert (L = Leitungsinduktivität, x = Abstand vom Anfang der Leitung). Die Konstante a läßt sich so wählen, daß eine gute Übereinstimmung zwischen der gespreizten Leitung und ihrer Nachbildung erzielt wird (Abb. 7 und 8). Die Lösung der Differentialgleichung führt auf Besselsche Funktionen, für deren numerische Auswertung die bekannten Potenzreihenentwicklungen und asymptotischen Näherungen benutzt werden. Die Rechnung ergibt folgendes Bild. Zunächst zeigt der Strom- und Spannungsverlauf die zu erwartende Pseudodämpfung, die Spannung steigt, der Strom sinkt nach dem Ende der Leitung. Der Wellenwiderstand der gespreizten Doppelleitung ist nicht mehr reell und konstant, sondern beschreibt als Funktion der Frequenz eine Ortskurve in der

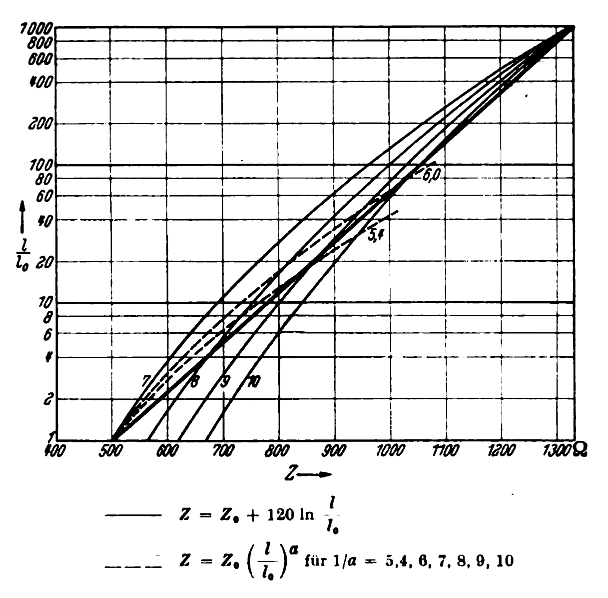


Abb. 7. Wellenwiderstände der gespreizten Leitung und ihrer Nachbildungen.

komplexen Zahlenebene. Im weiteren wird zwischen äußerer und innerer Reflexion unterschieden. Die äußere Reflexion wird durch fehlerhafte Anpassung an den Enden der Leitung, die innere Reflexion durch kontinuierliche Reflexionen im Innern der inhomogenen Leitung hervorgerufen. Es zeigt sich, daß auch bei reflexionsfreier Anpassung an den Enden der Leitung, also bei Unterdrückung der äußeren Reflexionen der Scheinwiderstand der gespreizten Leitung weiterhin komplex bleibt, daß heißt mit andern Worten, daß innere Reflexionen

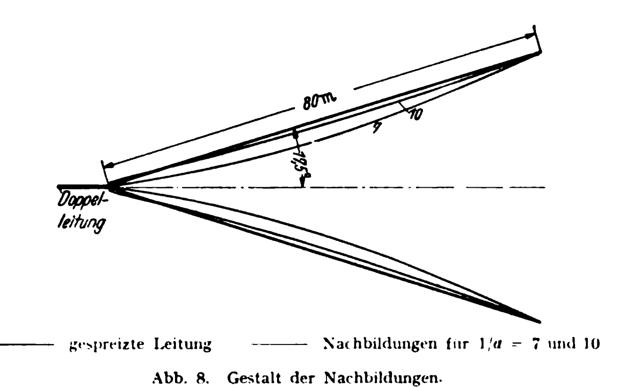


Abb. 8. Gestalt der Nachbildungen.

auf der Leitung vorhanden sind. Die Rechnung ergibt bei einer Leitungslänge von einigen Wellenlängen und einer Widerstandsübersetzung von 670 auf 1330 Ω eine innere Reflexion von 16 %. Vergleichsweise würde sich für das gleiche Widerstandsverhältnis bei einer Doppelleitung mit Z_0 = 670 Ω ein äußerer Reflexionsfaktor von 33 % ergeben. Die Spreizung hat also eine Verminderung der Reflexionsverluste um die Hälfte erbracht. Die Verwendung der gespreizten Leitung als Anpassungstransformator wird auch für die praktisch auftretenden kürzeren Leitungslängen untersucht. Für eine Länge des Übergangsstücks $l \leq \lambda/10$ ergibt sich eine etwas geringere Verminderung der Reflexionsverluste (von 27 % auf 18,5 %). Zum Schluß werden noch die Widerstände der aus zwei gespreizten Leitungen zusammengesetzten Rhombusleitung untersucht. Auch hier ist der Wellenwiderstand komplex. Der Scheinwiderstand wird für einen bestimmten, nur noch wenig frequenzabhängigen, komplexen Wert des Abschlußwiderstandes gleich dessen konjugiert komplexem Wert. Der Abschlußwiderstand ist leicht kapazitiv, der Scheinwiderstand also leicht induktiv. Bei den für Sende- und Empfangsantennen

Digitized by Google

normalen Rhombusabmessungen erhält man als Abschluß und Scheinwiderstand etwa 820 Ω in guter Übereinstimmung mit dem im amerikanischen Schrifttum angegebenen und bisher auf empirischem Wege gefundenen Wert. Die Frequenzabhängigkeit des Abschlußwiderstandes ist derart, daß einer Wellenlängenänderung von 1 : 3 eine Änderung des Abschlußwiderstandes um 16 % entspricht. Für hohe Anforderungen wird also eine frequenzmäßige Nachbildung notwendig. — Aus der Theorie folgende Knotenverschiebungen der Leerlauf- und Kurzschlußwiderstände werden mit Versuchsergebnissen verglichen und gute Übereinstimmung gefunden. *eb.*

DK 621.396.812

Über streuende Reflexionen der Ionosphäre. [Nach B. Beckmann, W. Menzel u. F. Vilbig, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 28 (1939) S. 45; 6 S., 5 Abb.]

Die Verfasser berichten an Hand von Echomessungen, die von ihnen auf der Ionosphärenbeobachtungsstation der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost in der Nähe von Weimar durchgeführt wurden, über streuende Refexionen der Ionosphäre. Auf den Registrierungen zeigen sich zu bestimmten Zeiten, scheinbar oberhalb der F-Schicht liegend, flackernde Reflexionen, die offenbar im Zusammenhang mit gleichzeitig sichtbaren sporadischen Reflexionen im Höhenintervall von 120 bis 200 km stehen. Letztere deuten auf einen wolkenartigen Aufbau der Ionisation dieses Gebietes hin (Raumladungen). Aus dem Verhalten der flackernden Reflexionen bei der zeitlichen Höhen- und Ionisationsveränderung der F-Schicht wird nachgewiesen, daß es sich bei den flackernden Reflexionen um seitliche Streuungen des an der F-Schicht reflektierten Strahles an den erwähnten Ionenwolken des E-Gebietes handelt. In diesem Zusammenhang wird auf den Unterschied zwischen Reflexion und Streuung hingewiesen. Der Reflexionspunkt ist bei einer bestimmten Wellenlänge durch einen von dieser abhängigen Wert der Ladungsträgerdichte definiert. Die gestreute Energie ist nur von der Differenz der Ladungsträgerdichten der Wolke und der Umgebung abhängig. Der Vorgang der Streuung setzt erst ein, wenn die Dimensionen der Wolke in die Größe der Wellenlänge kommen. — Als Ursache der wolkenartigen Ausbildung des E-Gebietes wird die Nordlichtstörung angesehen. *B.Bn.*

Elektrowärme.

DK 621.791.736.31.004.15 : 629.13.012.2

Versuche und Erfahrungen mit elektrischer Punktschweißung von Leichtmetallen für Flugzeugteile. [Nach K. Reichel, Jb. dtsch. Luftf. Forschg. 1 (1938) Flugwerk. S. 538, 11 S., 27 Abb.]

Etwa 1935 wurden mit einer gittergesteuerten Schweißmaschine Versuche mit Aluminium-, Hydronalium-, Bondurplat- und Elektronblechen mit Blechstärken von 0,5 bis 2 mm aufgenommen, wobei eine genaue Dosierung des Schweißstromes möglich war. Fast alle Versuche wurden mit Rollenelektroden aus Elektrolytkupfer durchgeführt. Eine Reinigung der Blechoberfläche an den Schweißstellen erwies sich als notwendig und erfolgte durch Schmirgeln mit feinem Schmirgelleinen und Abwischen des Schmirgelstaubes mit einem Wollappen. Es zeigte sich bald, daß die geeignetsten Leichtmetalle für die Punktschweißung Aluminium und Hydronalium sind; letzteres hat für die Zwecke des Flugzeugbaues infolge seiner hohen Festigkeit besondere Wichtigkeit. Die Güte der vorgenommenen Schweißungen wurde röntgenographisch und metallographisch geprüft; den raschesten und besten Überblick gab dabei die Röntgenprüfung, wobei Risse und Lunker klar hervortraten. Die mechanische Festigkeitsprüfung ergab bei einschnittig geschweißten Hydronaliumblechen eine Bruchlast von etwa 200 kg/Schweißpunkt. Dieser Bruchlast entspricht bei Nieten ein Nietdurchmesser von 3,5 mm. Bei verminderter Blechdiche wurde die Bruchlast der Schweißpunkte geringer; sie betrug bei 0,5 mm Blechdicke nur etwa 120 kg/Schweißpunkt entsprechend einem Nietdurchmesser von 2,6 mm. Bei Schwingungsversuchen mit vierkantigen aus Hydronalium geschweißten Versuchsholmen wurden diese mit entsprechenden genieteten Ausführungen aus Hydronalium und aus Bondurplat verglichen. Die geschweißten Hydronaliumholme waren zunächst allen genieteten stark unterlegen, bis die mechanischen Spannungsspitzen im Übergangsgebiet vom Schweißgefüge zum unbeeinflußten Grundwerkstoff durch eine geeignete Wärmebehandlung nach dem Schweißen ohne Beeinflussung der statischen Festigkeitswerte ausgeglichen wurden. Hiernach ergaben sich bei den geschweißten Hydronaliumholmen Festigkeitswerte, die die der genieteten Holme um das Mehrfache übertrafen. Die Wärmebehandlung bestand aus einer 30 min langen Glühung bei 330° C. Für die Schwingungsfestigkeit der wärmebehandelten, geschweißten Holme ist nur die Festigkeit des Holmwerkstoffes selbst maßgebend, da die Brüche außerhalb der Schweißstellen verliefen. Statische Festigkeitsvergleichsversuche, die an geschweißten und genieteten Beulzylindern bei Druck- und Drehbeanspruchung durchgeführt wurden, ergaben keine Überlegenheit der Wärmebehandlung, weil der Bruch bei allen Zylindern durch Verformung der Stringerprofile, nicht aber durch Aufreißen der Schweißnaht hervorgerufen wurde.

Bei den Schweißversuchen mit Duralplat führte die notwendige Wärmebehandlung der fertig geschweißten Versuchsholme jedoch zu übermäßigem Verziehen und Unbrauchbarwerden. Es gelang nicht, Holme aus Duralplat mit den gleichen guten Eigenschaften der geglühten Hydronaliumholme herzustellen. Nach Anfangsschwierigkeiten gelang es schließlich, mit Elektron brauchbare Schweißungen zu erzielen, wenn der Schweißung unmittelbar eine kurze, 5 bis 10 min lange Glühung bei 300° C voranging. Die gleiche Wirkung hatte Nahtschweißung bei kleinem Vorschub der Elektrodenrollen, da hierbei eine Erwärmung der unmittelbar vor dem Schweißen stehenden Stellen durch den vorangehenden Schweißpunkt auftritt.

Auf Grund der guten Ergebnisse der Hydronaliumschweißung wurden ein Flugzeugrumpf und verschiedene andere Flugzeugteile aus Hydronalium geschweißt. Wesentlich kürzere Herstellungszeit gegenüber dem Nietverfahren war der besondere Erfolg. Durch das elektrische Schweißen können etwa 3 bis 4 Teile in der gleichen Zeit fertiggestellt werden, in der ein Teil genietet wird. Im Laufe der Versuche wurden an der Schweißmaschine verschiedene Verbesserungen und Änderungen durchgeführt, die vor allem eine den zu verarbeitenden Teilen entsprechende vielseitigere Verwendung und schonendere Behandlung der Bleche ermöglichten. Daß bereits bei der Konstruktion auf die Erfordernisse der elektrischen Schweißung weitgehend Rücksicht genommen werden muß, ist selbstverständlich. *Fb*

Theoretische Elektrotechnik.

DK 538.247

Ueber den ballistischen Entmagnetisierungsfaktor zylindrischer Stäbe. [Nach K. Warmuth, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) H. 12, S. 747; 16½ S., 12 Abb.]

Die vorliegende Arbeit behandelt in ihrem ersten Teil die theoretische Bestimmung ballistischer Entmagnetisierungsfaktoren zylindrischer Stäbe für Maßverhältnisse $p \leqq 10$ und Suszeptibilitäten $0 \leqq \varkappa \leqq \infty$. Auf Grund eines Näherungsverfahrens, das gegenüber früheren Untersuchungen des Verfassers[1]) eine größere Genauigkeit gewährleistet, lassen sich die Entmagnetisierungsfaktoren N für die beiden Grenzfälle der Suszeptibilität ($\varkappa = 0$ und $\varkappa = \infty$) und Maßverhältnisse $0 \leqq p \leqq 100$ unter Benutzung der Entmagnetisierungsfaktoren von Ellipsoiden N_{Ell} durch folgende Gleichungen wiedergeben:

$$N_{\varkappa = 0} = \frac{N_{\mathrm{Ell}}}{2{,}28 \ln [1 + 0{,}284\, p] + 1}$$

und

$$N_{\varkappa = \infty} = N_{\mathrm{Ell}} \frac{2{,}35 \ln (1 + 0{,}137\, p) + 1}{2{,}28 \ln (1 + 0{,}284\, p) + 1}\,.$$

Für das bisher weder theoretisch noch versuchsmäßig erfaßte Gebiet $0 < \varkappa < \infty$ und $p < 10$ führten die Überlegungen zu folgenden Ergebnissen: Der ballistische Entmagnetisierungsfaktor für die Suszeptibilitäten $1 \leqq \varkappa \leqq 10$ und Maßverhältnisse $0 \leqq p \leqq 10$ kann in erster Annäherung als lineare Funktion des Maßverhältnisses p und des Entmagnetisierungsfaktors von Ellipsoiden dargestellt werden. Die ballistischen Entmagnetisierungsfaktoren für Suszeptibilitäten $0 < \varkappa < 1$ und Maßverhältnisse $p \leqq 10$ lassen sich mit ausreichender Genauigkeit durch ein einfaches graphisches Verfahren ermitteln. Der zweite Teil der Arbeit befaßt sich mit der Bedeutung ballistischer Entmagnetisierungsfaktoren für die Praxis. Die Notwendigkeit der Kenntnis genauer Entmagnetisierungsfaktoren wird an Hand einer Reihe von Kurvenbildern sowie an einem praktischen Beispiel aufgezeigt, indem die durch Verwendung ungenauer Entmagnetisierungsfaktoren auftretendenFehler und deren Einfluß auf die Auswertung magnetischer Messungen eingehend erörtert werden.

[1]) K. Warmuth, Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 124.

Digitized by Google

Physik.

DK 537.591

Über die Höhen-(Ultra-)strahlenbüschel.

Die Untersuchungen der Prozesse im Atomkern und der Elementarteilchen unter sich machen die Schaffung von außerordentlich hohen Spannungsquellen erforderlich. Jedoch reichen auch die in den Laboratorien erzeugbaren Spannungen von einigen Millionen Volt bei weitem nicht aus, die verwickelten Erscheinungen der Atomkernprozesse restlos zu erforschen. Hierzu wären Spannungen von einigen Milliarden Volt und mehr nötig, um genügend energiereiche Teilchen zu erzeugen, die als Geschosse in die Atomkerne gesandt werden könnten. Diese durchdringenden Teilchen sind im Laboratorium noch keineswegs herstellbar, doch gibt die Natur selber dem Forscher derartige Teilchen in der Ultrastrahlung in die Hand. Durch Absorptions- und Durchdringungsmessungen konnte sehr bald festgestellt werden, daß die Energie der Ultrastrahlenteilchen 10^9 eV und mehr beträgt[1]). Es hat sich jedoch gezeigt, daß die Ultrastrahlung keineswegs einheitlich ist, sondern aus Elektronen, Positronen (positive Elektronen) und Photonen (Lichtquanten) besteht. Daneben beobachteten Neddermayer und Anderson[2]) Teilchen, die etwa 100 mal schwerer als das Elektron waren: die Mesotronen, die im wesentlichen die „harte Komponente" der Ultrastrahlung ausmachen.

Es war nun zu erwarten, daß die Ultrastrahlenteilchen je nach ihrer Natur verschiedene Sekundärprozesse hervorrufen werden. Hinreichend geklärt sind bisher die sogenannten „Kaskadenschauer", die im wesentlichen durch die weiche Komponente, nämlich die in Seehöhe beobachteten Elektronen und Photonen ausgelöst werden[3]). Diese teilchenreichen Kaskadenschauer füllen größere Winkelräume aus; die Schauerteilchen, die selber wieder Elektronen und Photonen sind, werden relativ schnell, d. h. bereits nach einigen Zentimetern Blei, um die Hälfte ihrer Anzahl geschwächt. Schmeiser und Bothe[4]) machten nun die fundamentale Entdeckung, daß gelegentlich auch Schauer mit einem sehr kleinen Divergenzwinkel auftreten. Die bei diesen „harten" Schauern sehr geringe Anzahl von Teilchen weist eine erheblich größere Durchdringungsfähigkeit auf; diese Teilchen werden erst nach etwa 25 bis 30 cm Blei auf die Hälfte vermindert und sind nach den Untersuchungen von Bothe und Mitarbeitern[5]) ebenfalls als Mesotronen anzusprechen. Die gleiche hohe Durchdringungsfähigkeit wie die Teilchen der harten Schauer wiesen auch Strahlen auf, die gleichzeitig durch zwei etwa ½ m voneinander entfernt aufgestellte Zählrohre sogar in freier Luft gingen. Da die Anzahl von derartigen in einer Verstärkeranordnung gezählten Teilchenpaaren größer als die bei statistischer Verteilung der Einzelstrahlen zu erwartende Koinzidenzzahl war, nehmen Schmeiser und Bothe an, daß diese Strahlenpaare ebenfalls aus einem harten Schauer herrührten, dessen Ursprungsort in der freien Atmosphäre über den Zählrohren liegt. Fast gleichzeitig machten dann fast ein Jahr später Auger und Mitarbeiter[6]) sowie Swann[7]) dieselben Versuche mit noch weiter auseinanderliegenden Zählrohren und gelangten zu dem gleichen schönen Ergebnis; später konnten auch Kohlhörster und Mitarbeiter[8]) den von Schmeiser und Bothe gefundenen Effekt bestätigen.

Eine Zählrohranordnung, bei der zwei Rohre in veränderlichem Abstand *d* übereinander angeordnet waren, so daß von diesen im wesentlichen nur senkrecht einfallende Strahlen erfaßt wurden, zeigte mit wachsender Entfernung *d* der Zählrohre voneinander eine abnehmende Koinzidenzzahl. Mit großem Abstand näherte sich die gemessene Zahl der Anzahl der Zufallskoinzidenzen, die als Nulleffekt bei allen Koinzidenzmessungen abgezogen werden muß. Bei kleinen Abständen *d* kann jedoch die um Zehnerpotenzen größere Anzahl von Mehrfachkoinzidenzen nicht durch kosmische fast waagerecht einfallende Strahlenteilchen hervorgerufen werden, da die Intensität dieser Teilchen viel zu gering ist, als daß sie diesen Effekt erklären könnte. Vielmehr hat man es hier mit Koinzidenzen zu tun, die durch zwei oder mehr in dem gleichen Wechselwirkungsprozeß über der Zählanordnung entstandene Strahlenteilchen hervorgerufen worden sind. Durch Verändern des Abstandes *d* und Messung mit Vierfach-Koinzidenzen kam Auger zu einer Abschätzung über die Strahlenanzahl in einem derartigen kosmischen Strahlen-Büschel, wie zum Unterschied von den kosmischen Kaskadenschauern als Name für die harten Schauer der kosmischen Ultrastrahlung vorgeschlagen wird. In Seehöhe gehen gleichzeitig etwa 30 bis 40 Strahlen eines Büschels gleichzeitig durch 1 m² waagerechter Fläche. Die große Teilchenzahl in einem Büschel wird wahrscheinlich davon herrühren, daß die durchdringenden Teilchen eines teilchenarmen Büschels selber wieder Kaskadenschauer auslösen, die den gemessenen ungeheuren Teilchenreichtum erzeugen. Bothe[1]) machte darauf aufmerksam, daß eine von Fussell gemachte Nebelkammeraufnahme[2]) im ersten Kammerraum ein schwach divergentes Büschel harter Sekundärteilchen zeigt, das seinerseits in der zweiten Bleiplatte teilchenreiche weiche Kaskadenschauer erzeugt. Auffällig ist die insbesondere von Auger beobachtete Zunahme der kosmischen Strahlenbüschel mit der Höhe. Die Zunahme wird von Auger stärker als die Zunahme der weichen Komponente oder gar der weichen Schauer festgestellt. Da die gleiche starke Zunahme bei den Neutronen[3]) und Protonen[4]), die aus Kernexplosionsprozessen der Ultrastrahlung stammen, gefunden wird, so könnte ein Zusammenhang zwischen den beiden Effekten, nämlich die gleichzeitige Erzeugung eines Strahlenbüschels aus „langsamen" Mesotronen und einer Kernexplosion durch ein auf den Kern auftreffendes schnelles Mesotron vermutet werden. Bei der Kompliziertheit der gesamten Ultrastrahlungserscheinungen müssen jedoch bis zur endgültigen Entscheidung über diese Sachverhalte weitere ausschlaggebende Messungen abgewartet werden. J. Juilfs.

1) Blackett und Brode, Proc. roy. Soc., Lond., A 154 (1936) S. 573. vgl. auch die zusammenfassende Darstellung ETZ 59 (1938) S. 1053.
2) Phys. Rev. 51 (1937) S. 884.
3) Kurze Darstellung in ETZ 59 (1938) S. 1053.
4) Naturwiss. 25 (1937) S. 669.
5) Bothe, Naturwiss. 27 (1939) S. 305; dort weiteres Schrifttum.
6) C. R. Acad. Sci., Paris 207 (1938) S. 228 u. 907.
7) J. Franklin Inst. 226 (1938) S. 757.
8) Naturwiss. 26 (1938) S. 576.

1) wie Fußnote 5.
2) s. Ergebn. exakt. Naturw. 17 (1938) S. 48.
3) E. Funfer, Z. Phys. 111 (1938) S. 351.
4) H. Wambacher, Phys. Z. 39 (1938) S. 883. E. Schopper u. E. Schopper, Phys. Z. 40 (1939) S. 22.

DK 535.376

Abklingzeit von Phosphoren bei Erregung mit Elektronenstrahlen.

[Nach G. Wollweber, Ann. Phys., Lpz. 34 (1939) S. 29; 12 S., 9 Abb.]

Die Leuchtschirmstoffe der Oszillographen- und Fernsehröhren erfordern Phosphore von kurzem Nachleuchten, um scharfe Bilder zu erhalten. Zur Messung der Abklingzeit benutzt G. Wollweber die innere aktinodielektrische Wirkung. Sie äußert sich in einer Änderung der Dielektrizitätskonstanten. Es ist bereits bekannt, daß diese Änderung den gleichen Verlauf wie die Phosphoreszenz aufweist und daß sie nicht nur bei Bestrahlung mit Licht auftritt, sondern bei jeder Strahlung, die den Phosphor zum Leuchten anregt. Der zu untersuchende Phosphor wird in einen Kondensator gebracht, der in dem Schwingungskreis eines Meßsenders liegt. Bei der Belichtung treten Kapazitätsänderungen auf, und bedingen Frequenzänderungen, die an einem zweiten Schwingungskreis in Wechselspannungsschwankungen umgewandelt werden. Diese lenken den Elektronenstrahl einer Oszillographenröhre ab und werden damit photographisch aufgezeichnet. Ein Röhrenrelais synchronisiert Belichtung und Umdrehung der Filmtrommel, so daß die zunächst zu schwache Kurve durch mehrmalige Belichtung verstärkt werden kann. Die phosphoreszierenden Schichten werden durch Aufstäuben hergestellt. Es wurden Phosphore aus ZnS-CdS mit Cu-Zusatz benutzt. In der ersten Versuchsreihe wurde bei gleichem ZnS-CdS-Gemisch der Cu-Zusatz verändert. Die Halbwertzeit steigt zunächst mit wachsendem Kupfergehalt bis zu etwa 0,000 05 g Cu je 1 g Phosphor, um dann schnell abzunehmen. Ähnliche Verhältnisse sind bereits über das Abklingen bei Lichterregung bekannt. In der zweiten Versuchsreihe wurde das ZnS-CdS-Gemisch verändert und der Cu-Zusatz konstant gehalten. Die Halbwertzeiten werden von 0% CdS bis 30% CdS zunächst größer und nehmen dann, soweit ausgemessen, wieder ab. In letzterem Bereich benötigen die Phosphore zur Ausbildung ihrer Zentren eine größere Metallmenge. Oxydation der Phosphore bei der Herstellung ergibt eine Verkürzung der Nachleuchtdauer. Phosphore, die vor 1 bis 1½ Jahren hergestellt wurden, zeigen in ihrer Gesamtheit ein wesentlich kürzeres Nachleuchten. *Br.*

DK 537.523.4 : 535.33.03

Elektrische Funken und ihre Verwendung zur Anregung von Spektren.

[Nach H. Kaiser und H. Wallraff, Ann. Phys., Lpz. 34 (1939) S. 297; 44 S., 28 Abb.]

Die quantitative Spektralanalyse braucht Versuchsbedingungen, bei denen die Verdampfung und Anregung des

Digitized by Google

Elektrodenwerkstoffs durch Funkenfolgen in festgelegter, wiederholbarer Weise vor sich geht, so daß man aus den Intensitätsverhältnissen der Spektrallinien mit Sicherheit auf die Zusammensetzung des untersuchten Stoffes schließen kann. H. Kaiser und A. Wallraff untersuchen daher mit Spektrograph, Drehspiegel und Kathodenstrahloszillograph die Funken im Feußnerschen Funkenerzeuger. Bei diesem Gerät wird ein Kondensator durch einen Transformator aufgeladen und mittels eines umlaufenden Synchronunterbrechers erst dann über die Funkenstrecke entladen, wenn die Spannung am Kondensator den Scheitelwert erreicht hat. Es zeigt sich, daß der Vorgang bei diesen gesteuerten Funken besonders einfach verläuft, weil Elektrodenabstand und Zustand der Elektrodenoberfläche keinen Einfluß auf den elektrischen Ablauf hat. Der Funke ist ein hochfrequenter Wechselstromlichtbogen mit nahezu stromunabhängiger niedriger Brennspannung von etwa 50 V, dessen Frequenz durch Kapazität und Selbstinduktion des Funkenkreises festgelegt ist. Die Stromkurve ist annähernd sinusförmig; die Amplitude fällt bei reiner Funkendämpfung linear ab; die Zahl der hochfrequenten Schwingungen ist dann unabhängig von den elektrischen Daten des Funkenkreises. Damit die Kondensatorspannung vor dem Durchschlag stets dieselbe ist, müssen die Ausgleichvorgänge im Ladekreis rasch abklingen. Der Ladekreis muß daher durch einen Widerstand gedämpft werden; seine Eigenfrequenz muß in einem gewissen Bereich liegen. Dann stellt der Feußnersche Funkenerzeuger eine vollständige Lösung der Aufgabe dar, die elektrischen Vorgänge bei der Erzeugung von Funkenfolgen konstant zu halten. Bei ungesteuerten Funkenerzeugern hängt die Kondensatorspannung vom Zustand der Funkenstrecke ab. Für die quantitative Spektralanalyse sind nur solche brauchbar, bei denen die Durchschlagfestigkeit der Funkenstrecke eher wiederkehrt als die Spannung am Kondensator. Hierzu gehört auch der Resonanzfunkenerzeuger. Die Drehspiegelbilder zeigen die positive Säule des Wechselstrombogens, die zunächst in Luft, später in Metalldampf brennt. Der eigentliche Durchschlag zu Beginn des Funkens ist für die Strahlung des Metalldampfs ohne Bedeutung. Das Leuchten wird zum größten Teil nicht unmittelbar durch die im Metalldampf brennende Entladung hervorgerufen. Die Entladung erzeugt vielmehr an den Elektroden Ausbrüche von Metalldampf, die mit großer Geschwindigkeit von den Elektroden fortströmen und dabei ihre Leuchtenergie aus ihrem Entstehungsgebiet mitbringen. Sie leuchten dann unabhängig von der Entladung. Die Beeinflussung dieser Dampfwolken, z. B. durch Kühlung an den Elektroden, verändert daher die Intensitätsverhältnisse im Spektrum. *ue.*

Werkstatt und Baustoffe.

DK 620.172 : 539.261

Röntgenographische Spannungsmessungen bei Überschreiten der Fließgrenze an Zugstäben aus unlegiertem Stahl. [Nach F. Bollenrath, V. Hauk u. E. Osswald, Z. VDI 83 (1939) S. 129; 4 S., 7 Abb.]

Die Verfasser benutzen die röntgenographische Spannungsmessung zur Untersuchung der Fließvorgänge beim einachsigen Zug. Zu diesem Zweck wurden mehrere Zugstäbe aus unlegiertem Flußstahl mit ausgeprägter oberer und unterer Fließgrenze angefertigt und dem Zugversuch unterworfen, bis plastische Verformungen eintraten. Die während der Beanspruchung und nach Entlastung auftretenden bzw. verbleibenden Spannungen wurden in verschiedenen Tiefen gemessen, was durch stufenweises Abätzen der äußeren Schichten ermöglicht wurde.

Ergebnis: Wird die Dehnung an der oberen Fließgrenze überschritten, so wird die Spannungsverteilung über den Querschnitt ungleichförmig. In den äußeren Schichten ist die Spannung kleiner, in den inneren Schichten größer als die aus dem Verhältnis zwischen Last- und Querschnitt errechnete mittlere Spannung. Nach Entlastung bleibt ein Eigenspannungszustand zurück, wobei die äußeren Schichten unter Druck, die inneren unter Zug stehen. Die Beobachtungen zeigen also, daß das in der Plastizitätslehre benutzte Spannungs-Dehnungs-Diagramm nur die Verhältnisse für die mittleren (Nenn-)Spannungen, nicht aber für die örtlich auftretenden wirklichen Spannungen wiedergibt. Zugleich ergibt sich eine Einschränkung für die Möglichkeiten der röntgenographischen Spannungsmessungen, die ja nur Oberflächenspannungen ermitteln kann: In Fällen vorhandener plastischer Verformung kann die röntgenographische Spannungsmessung Druckspannungen ermitteln, während über den Gesamtquerschnitt erhebliche mittlere Zugspannungen wirken können. Ein unmittelbarer Schluß auf die Beanspruchung des Gesamtquerschnitts und damit die Tragfähigkeit eines Bauteiles ist dann aus dem röntgenographischen Ergebnis allein nicht zu erwarten. *ert.*

DK 620.186.8 : 539.26

Studium der Körnigkeit von Materialien mit Röntgenstrahlen. [Nach A. Kochanovska u. J. Broz, Skoda-Mitt. 1 (1939) S. 44; 7 S., 16 Abb.]

Die Verfasser studieren die Körnigkeit von Proben einer gebrochenen Kranbrücke, die Stellen mit verschiedenen Beanspruchungen und dadurch veränderten mechanischen Eigenschaften entnommen wurden. Während das Schliffbild keinen Unterschied der optisch sichtbaren Korngröße erkennen ließ, lieferten Röntgenrückstrahlaufnahmen von stark beanspruchten Stellen verwaschene, von wenig beanspruchten in Punkte aufgelöste Interferenzlinien, entsprechend feinem bzw. grobem Korn. Bei längerem Lagern wurden ursprünglich verwaschene Linien zunehmend schärfer bis punktförmig aufgelöst; über den Mechanismus dieser Kornvergröberung ist nichts bekannt (Zusammenwachsen, Gleichrichtung oder Lösung verschiedener großer innerer Spannungen der Kristall-„Mosaike"?). Entsprechende Ergebnisse wurden erhalten, wenn statt des Rückstrahlverfahrens das Braggsche Verfahren in asymmetrischer Anwendung benutzt wird (Verwendung der starken Reflexion an den niedrig indizierten Netzebenen unter absichtlicher Vermeidung einer Fokussierung). Für die mechanischen Eigenschaften beanspruchter Bauteile ist also nicht das optisch sichtbare Korn (Kristallit) verantwortlich, sondern ein Kristallit-Mosaik, das röntgenographisch erfaßbar ist, wenn nicht zu lange Zeit nach der Beanspruchung verflossen ist. *O. V.*

AUS LETZTER ZEIT.

Allgemeine Einführung des metrischen Gewindes. — In der Anordnung des Herrn Reichswirtschaftsministers vom 21. 4. 1939[1]) wurde mit Gültigkeit vom 1. 10. 1940 für Schrauben, Muttern und Fassonteile aller Art mit Innen- und Außengewinde bis einschließlich 10 mm Dmr. für den Inlandsbedarf das metrische Gewinde vorgeschrieben. Für die Neuanfertigung von Gewinden, die nicht zur Erfüllung laufender Aufträge hergestellt werden, sollte die Anordnung sogar bereits am 1. 4. 1940 in Kraft treten. In der neuen Anordnung vom 30. 11. 1939[2]) wird der Einführungstermin auf den 1. 10. bzw. 1. 4. 1941 festgesetzt, d. h. die Übergangszeit wird um ein Jahr verlängert. Im übrigen ist der Wortlaut der Anordnung unverändert geblieben, jedoch wurde in dem einleitenden Satz ausdrücklich auf die Anordnung über die verbindliche Einführung von Normen, Geschäfts- und Lieferbedingungen sowie von Güte- und Bezeichnungsvorschriften vom 8. 9. 1939[3]) Bezug genommen.

Verordnung über den Warenzeichenschutz für Kabelkennfäden vom 29. 11. 1939[*]).

Auf Grund gesetzlicher Ermächtigung wird mit Zustimmung des Generalbevollmächtigten für die Wirtschaft und des Oberkommandos der Wehrmacht folgendes verordnet:

§ 1

(1) Wer sich in seinem Geschäftsbetrieb zur Unterscheidung von den Waren anderer für die Kennzeichnung von Kabeln, isolierten Leitungen, Schnüren und dergleichen eines mit ihnen verbundenen, unschwer offenzulegenden Kennfadens bedienen will, kann diesen nach den Bestimmungen des Warenzeichengesetzes vom 5. Mai 1936 (Reichsgesetzbl. II S. 134) zur Eintragung in die Warenzeichenrolle beim Reichspatentamt anmelden.

(2) Unter den Voraussetzungen des § 17 des Warenzeichengesetzes können solche Kennfäden auch als Verbandszeichen angemeldet werden.

§ 2

Eingetragene Kennfäden genießen den Schutz des Warenzeichengesetzes.

§ 3

Der Präsident des Reichspatentamts erläßt die näheren Bestimmungen über die Anmeldung von Kennfäden.

[1]) Dtsch. Reichsanz. Nr. 94 vom 25. 4. 1939, ETZ 60 (1939) H. 20, S. 608 und H. 23, S. 709.

[2]) Dtsch. Reichsanz. Nr. 283 vom 2. 12. 1939.

[3]) RGBl. I, S. 1745, ETZ 60 (1939) H. 40, S. 1170.

[*]) Auszug aus dem Reichsgesetzblatt Teil II, Nr. 45 vom 1. 12. 1939. Gilt nicht für Danzig.

Digitized by Google

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH.

Kanadas Elektrizitätswirtschaft.

DK 621.311 (71)

Nach dem Stand vom 1. 1. 1939 waren 24,4 % der in Kanada verfügbaren Wasserkräfte ausgenutzt; das entspricht ungefähr dem für die V. S. Amerika ausgewiesenen Ausnutzungsstand. Während hier allerdings nur rd. 40 % der Stromgewinnung auf der Grundlage von Wasserkraft erfolgten, betrug dieser Anteil in Kanada 98 %, kam also praktisch der gesamten Erzeugung gleich. Wenn man sich verdeutlicht, daß die wichtigsten kanadischen Industriegebiete, die Provinzen Ontario und Quebec, kohlenarm sind, dagegen von dem St. Lorenzstrom, seinen Seen und Zuflüssen berührt oder durchflossen werden, hat man die Erklärung für diese unterschiedliche Entwicklung. Kanada ist im ganzen nicht kohlenarm, aber seine Kohlenreviere liegen im äußersten Osten und Westen des Landes, so daß sie für die Versorgung der Hauptverbrauchsgebiete nur in beschränktem Umfang in Betracht kommen.

Die Konzentrierung der wirtschaftlichen Kräfte auf die Provinzen Ontario und Quebec hat hier einen wesentlich über dem Landesdurchschnitt liegenden Ausnutzungsgrad der verfügbaren Wasserkraft zur Folge gehabt (vgl. Zahlentafel 1); am 1. 1. 1939 waren in Ontario 37,2 %, in

Zahlentafel 1. Kanadas Wasserkräfte in 1000 kW.

	verfügbar	ausgenützt	
		1. I. 1938	1. I. 1939
Kanada, insgesamt	29 581	7 138	7 203
Quebec	11 496	3 520	3 547
Ontario	6 107	2 268	2 273
Britisch-Columbien	4 492	634	649
Manitoba	4 704	356	370
Neu-Braunschweig	149	118	117
Neu-Schottland	113	108	113
Alberta	924	63	63
Saskatchewan	952	54	54
Yukon und Nordwest	643	15	15
Prinz Eduard-Insel	4	2	2

Quebec 30,9 % der verfügbaren Energie ausgenutzt. Sehr hoch war mit 78,9 bzw. 99,5 % der Ausnutzungsgrad in den beiden kleinen atlantischen Industriegebieten Neu-Braunschweig und Neu-Schottland. Dagegen betrug der Verwertungsanteil in den Prärieprovinzen Manitoba nur 7,9 %, Alberta 6,9 % und Saskatchewan 5,7 % der verfügbaren Energie, um in der stärker industrialisierten pazifischen Provinz Britisch-Columbien wieder auf 14,5 % anzusteigen. Überblickt man die Entwicklung der Wasserkraftverwertung für einen längeren Zeitraum (vgl. Zahlentafel 2), so gelangt man zu der Feststellung, daß sich 1925 nur noch um 43 % gestiegen ist. Dagegen fällt das Schwergewicht der Entwicklung in Quebec in die letzten fünfzehn Jahre; im Zeitraum 1925 bis 1937 ist die verwertete Wasserkraft hier mehr als verdoppelt worden. Die Erklärung für diesen unterschiedlichen Verlauf ist vor allem darin zu suchen, daß die Zellstoff- und Papierindustrie von Quebec, auf die die Hälfte der gesamten kanadischen Zellstoff- und Papierproduktion entfällt, seit 1925 einen starken Ausbau erfahren hat. Dagegen war es in den westlichen Prärieprovinzen vor allem die Ausdehnung der Mühlenindustrie und der Sägewerke, die den Anteil der in diesen drei Provinzen verwerteten Wasserkraft an der kanadischen Gesamtkapazität von 5 % in 1925 auf 6,6 % in 1937 ansteigen ließ.

Zahlentafel 2. Entwicklung der insgesamt installierten Leistung 1900 bis 1937 (in 1000 kW).

	Insgesamt¹)	davon in								
		Quebec	Ontario	Britisch-Columbien	Manitoba	Neu-Braunschweig	Neu-Schottland	Alberta	Saskatchewan	Prinz Eduard-Insel
1900	153	73	48	8	1	4	18	—	—	1
1905	400	162	179	25	1	8	24	—	—	1
1910	860	296	434	56	34	10	27	1	—	2
1915	1842	708	766	224	70	13	30	29	—	2
1920	2214	840	930	273	75	19	33	29	—	2
1925	3817	1540	1587	391	162	38	58	32	—	2
1930	5390	2392	1837	555	275	118	100	62	37	2
1935	6960	3391	2253	632	346	118	102	63	37	2
1936	6992	3417	2255	633	346	118	100	63	37	2
1937	7138	3520	2268	634	356	118	108	63	54	2

¹) einschließlich Yekon und Nordwest.

der Ausbau der Wasserkräfte seit 1925 verlangsamt hat. Allerdings war die Entwicklung unterschiedlich. Verhältnismäßig zurückgeblieben ist seitdem die Wasserkraftwirtschaft in Ontario, die bereits im ersten Nachkriegsjahrfünft einen sehr hohen Stand erreicht hatte und seit

Der führende Platz, den heute die Provinz Quebec in der kanadischen Elektrizitätswirtschaft einnimmt, wird durch die Tatsache bestätigt (vgl. Zahlentafel 3), daß die

Zahlentafel 3. Verteilung der insgesamt installierten Leistung auf Gruppen von Stromerzeugern (1. 1. 1938) in 1000 kW.

	insgesamt	davon			kW je 1000 Kopf
		Kraftwerke	Zellstoff- u. Papierfabriken	andere Fabriken	
Kanada, insgesamt	7 138	6 225	578	335	642
Quebec	3 520	3 142	238	140	1 122
Ontario	2 268	1 960	212	96	611
Brit.-Columbien	634	481	93	60	845
Manitoba	356	356	—	—	497
Neu-Braunschweig	118	92	18	8	268
Neu-Schottland	108	78	17	13	201
Alberta	63	62	—	1	81
Saskatchewan	54	54	—	—	57
Yukon und Nordwest	15	—	—	15	1 144
Prinz Eduard-Insel	2	—	—	2	23

auf den Kopf der Bevölkerung entfallende Leistung am 1. 1. 1938 hier um 75 % über dem Landesdurchschnitt lag; Ontario, die kleinen atlantischen Provinzen und die Prärieprovinzen erreichten dagegen den Durchschnitt nicht. Einen Anhaltspunkt für die Verteilung des Stromverbrauchs auf die verschiedenen Industriezweige geben folgende Zahlen. Der gesamte Stromverbrauch der Industrie hatte 1936 einen Wert von rd. 100 Mill RM*); davon entfielen 44,4 % auf die Holz-, Zellstoff- und Papierindustrie, 11,3 % auf die Eisen- und Stahlindustrie, 10,4 % auf die Industrie der Nichteisenmetalle, 8,6 % auf die Textilindustrie und 5,7 % auf die chemische Industrie. Die gesamte Stromerzeugung der Kraftwerke — also ohne die

*) 1 $ = 2,5 RM.

Zahlentafel 4. Zahlen zur Betriebsentwicklung der kanadischen Kraftwerke.

	Zahl der Kraftwerke	Kapital (Mill $)	installierte Leistung (1000 kW)	Erzeugung (Mill kWh)	Abnehmer (1000)	Beschäftigte
1920	506	448	1 669	5 895	894	10 693
1925	563	727	3 142	10 110	1 280	13 263
1930	587	1 138	4 753	18 094	1 608	17 857
1931	559	1 230	5 022	16 331	1 633	17 014
1932	572	1 336	5 583	16 052	1 657	15 395
1933	575	1 387	5 822	17 339	1 667	14 717
1934	573	1 431	6 032	21 197	1 660	14 974
1935	566	1 460	6 252	23 283	1 695	15 342
1936	561	1 483	6 342	25 402	1 741	16 087

betriebseigene Erzeugung der Industrie — ist seit 1925 um das Anderthalbfache gestiegen (vgl. Zahlentafel 4); gleichzeitig nahm die Zahl der Abnehmer nur um 36 % zu, während die Zahl der im Gebrauch befindlichen Zähler von 1,166 auf 1,839 Mill, das heißt um 57,7 %, stieg. Die Stromausfuhr nach den V. S. Amerika stellte sich 1937 auf 1847 Mill kWh gegenüber 1578 bzw. 1365 Mill kWh in den beiden vorhergehenden Jahren; davon entfielen im letzten Jahr 826 Mill (44,7 %) auf die „Hydro-Electric Power Commission of Ontario", 570 Mill (30,9 %) auf die „Cedar Rapids Manufacturing and Power Company" und 392 Mill (21,2 %) auf die „Canada Niagara Company".

Nur in Quebec und Britisch-Columbien liegt die Stromgewinnung in den Händen von privaten Gesellschaften. In den übrigen Provinzen, zuerst 1906 in Ontario, sind Zweckverbände der Gemeinden zum Zweck der Stromerzeugung und -versorgung geschaffen worden; die „Hydro-Electric Power Commission of Ontario", die ein Kapital von 1040 Mill RM besitzt, versorgt 782 Gemeinden. Dies Unternehmen erzielte 1936 einen Überschuß von 10,4 Mill RM. Ernst Reichelt.

DK 621.311.153.2

Bereitschaftshaltung in der Elektrizitätsversorgung. [Nach L. Musil, Z. VDI 83 (1939) S. 645; 6½ S., 12 Abb.]

Bei der Planung von Dampfkraftwerken erfordert die Sicherheit der Stromversorgung die Vorsorge für eine entsprechende Bereitschaftsleistung, die bei Störungen oder unerwarteten Spitzenbelastungen verfügbar ist. Nach der Einsatzgeschwindigkeit wird dabei zwischen Schnell- und Augenblicksbereitschaft unterschieden, wobei außer der Schnelligkeit des Einsatzes der Bereitschaftsmittel auch die Wirtschaftlichkeit der Bereitschaftshaltung berücksichtigt werden muß.

L. Musil gibt einen zusammenfassenden Überblick über den derzeitig erreichten Stand der Bereitschaftshaltung in der Elektrizitätsversorgung und knüpft daran Folgerungen für die heutige deutsche Stromversorgung. An der geschichtlichen Entwicklung werden die verschiedenen Arten der Bereitschaftsmittel verfolgt, die etwa um 1925 durch gesteigerte Anforderungen an die Kraftwerke zunächst in Form von Speicheranlagen und Dieselmotorenreserve eingesetzt wurden. Durch Vervollkommnung der Dampfkessel wurden aber deren Anwendungsmöglichkeiten ebenfalls erweitert. Die Hauptanwendungsgebiete, Vor- und Nachteile von Dieselmotoren, elektrischen, Pump- und Dampfspeichern sowie von warmgehaltenen und schnell anfahrbaren Kesseln und Turbinen werden im einzelnen besprochen und gegeneinander abgewogen, wobei die grundsätzlichen Dampfschaltungen für Hochdruck-Dampfanlagen Berücksichtigung fanden. Bereits 1930 wurde darauf hingewiesen, daß auch durch geeignete Bemessung des Überlastungsbereiches eine Bereitschaftshaltung durch die mit wirtschaftlicher Belastung arbeitenden Betriebsmittel zu erreichen ist. Im Laufe dieser Zeit wurden nicht nur die Kesselwirkungsgrade verbessert, sondern besondere Kessel- und Turbinensätze mit verbesserten Überlastungsbereichen entwickelt. Allgemein ist die Größe der Bereitschaftsleistung auf einen möglichst günstigen mittleren Jahreswirkungsgrad abzustellen. Bei betrieblich gleichwertigen Lösungen der verschiedenen Bereitschaftsmittel wird ihre Wahl durch wirtschaftliche Gesichtspunkte entschieden; für diese lassen sich keine allgemeingültigen Regeln angeben, sondern es ist jeder Einzelfall nach Art seiner Verhältnisse besonders abzuwägen. Als Beispiel werden die Vergleiche für ein überlastbares Dampfkraftwerk und Speicher sowie für überlastbare Kessel und Dampfspeicher behandelt. Die Bereitschaftsziffer vergleicht die Höchstleistung mit der Nennleistung; ihre Größe ist für die wirtschaftliche Bereitschaftsart ausschlaggebend. Je höher die Netzvermaschung getrieben ist, um so niedriger kann die Bereitschaftsziffer liegen. Bei Strahlennetzen sind daher allgemein höhere Werte für die Bereitschaftsziffer nötig als bei vermaschten Netzen. In Deutschland wurde seit langem der Ausbau der Elektrizitätsversorgung in Form einer weitgehend vermaschten Verbundwirtschaft ausgeführt, so daß durch die Kupplung benachbarter Netzsysteme die Stromversorgung in einem Störungsfalle weitgehend aufrechterhalten werden kann. Allgemein ermöglichen Verbundwirtschaft und Netzkupplung die einfachste und wirtschaftlichste Bereitschaftshaltung. Ein reiches Schrifttumsverzeichnis beschließt die Arbeit. *Tsch.*

DK 621.365.2.003.1 : 669.187(494)

Die Verhüttung der schweizerischen Eisenerze im elektrischen Ofen. [Nach G. Keller, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 35; 3 S., 2 Abb.]

Der Verfasser behandelt zuerst die in Schweden benutzbaren Elektrohochöfen nach System Grönwall und kommt dann zur Besprechung des elektrischen Niederschachtofens Bauart Tysland und Hole. Bei diesem Ofen ist die Verwertung des als Nebenerzeugnis entstehenden Gases möglich. Im Kokshochofen braucht man je Tonne Eisen 800 bis 1000 kg Koks für die chemische Reaktion. Bei dem elektrischen Niederschachtofen werden statt Koks 2600 kWh, bzw. 3600 kWh für die Erwärmung benötigt. Durch die Verwertung der Abgase kann man statt mit 400 mit 200 bis 240 kg Kohle für die chemische Reaktion auskommen. Für die Verwertung der Eisenerze kämen für die Schweiz 2 Ofeneinheiten in Frage von je 10000 kW. Bei einem 12monatlichen Betrieb könnte man den Eisenbedarf der Schweiz knapp decken. Aus dem Gonzen-Erz gewinnt man eine Eisen-Qualität wie Hämatit-Roheisen, aus Fricktaler Erz wie Luxemburger Qualität III. Der Gesamtbedarf beider Sorten beträgt 50000 t. Von auswärts müssen noch 20000 t Spezial-Roheisen und rd. 300000 t Stahl und Stahlerzeugnisse bezogen werden.

Während Friedenszeiten benötigte das Werk während 6 bis 8 Monaten 45 bis 60 Mill kWh und beschäftigte einschließlich dem Bergbau 150 bis 180 Personen. Die Produktion würde die schweizerische Handelsbilanz um etwa 560000 RM verbessern.

Die Konkurrenzfähigkeit eines solchen Roheisenwerkes hängt im wesentlichen von der jährlichen Betriebsdauer ab, d. h. vom Vorhandensein genügender und billiger Energie. Die notwendige Energie könnte kaum von einer Kraftwerksgruppe allein während länger als 6 bis 7 Monaten geliefert werden. Aus der Statistik ergibt sich, daß in den letzten Jahren während 9 bis 10 Monaten eine größere Menge unverwerteter Energie zur Verfügung steht. Die Energielieferung müßte also von der gesamten Elektrizitätswirtschaft aufgenommen werden.

In der Diskussion wurde über die Höhe des Strompreises gesprochen; bei einer jährlichen Betriebszeit von 8 Monaten ist ein Preis von 0,5 Rpf/kWh angenommen. *Kps.*

Jubiläum. — Die Großröhrsdorfer Elektrizitätswerk GmbH. gibt aus Anlaß ihres 40jährigen Bestehens eine interessante und gut ausgestattete Festschrift heraus mit dem Titel „Das Überlandwerk und die Handwebstühle". Am 25. Januar 1900 brannten zum ersten Male die Glühlampen des kleinen Elektrizitätswerkes, das die Heimweberei am Bandwebstuhl durch die neue Antriebskraft wirtschaftlicher und leistungsfähiger gestalten sollte. Heute hat sich aus kleinsten Anfängen ein Überlandwerk entwickelt.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Transformatoren.

Der Ausschuß für Transformatoren hat einen Entwurf zu

VDE 0532 „Umstell-Vorschriften für Transformatoren"

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 1456 veröffentlicht ist. Die darin enthaltene Heraufsetzung der Grenzerwärmungen für Wicklungen und Eisenkern bei Trockentransformatoren bezweckt eine sparsamere Werkstoff-Ausnutzung.

Begründete Einsprüche sind bis zum 5. Januar 1940 an die Geschäftstelle zu richten.

Ausschuß für Freileitungen.

Die in ETZ 60 (1939) Heft 36, S. 1087 veröffentlichten Änderungen an

VDE 0210/X. 38 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen" und

VDE 0210 U/XI. 37 „Umstell-Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen"

wurden vom Vorsitzenden des VDE genehmigt und treten am 1. Januar 1940 in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Die Geschäftsführung:
Viefhaus

Neu erschienene Normblätter für Elektrotechnik.

Die nachstehend aufgeführten Normblätter sind neu erschienen und können von der Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, bezogen werden.

Einheiten, Formelzeichen, Benennungen.

DIN VDE 110 Wechselstromgrößen (Oktober 1939)

Rundfunkgerät.

DIN VDE 1550 Skalenlampen (September 1939)

Elektr. Bahnen, Fahrleitungen.

DIN VDE 3136 Spanndrähte, Drähte für Erdung und Stromrückleitung (Oktober 1939)
DIN VDE 3137 Stahlseile (Oktober 1939)
DIN VDE 3138 Kupferseile (Oktober 1939)
DIN VDE 3139 Bronzeseile (Oktober 1939)

Glühlampensockel und -fassungen.

DIN VDE 9610 Lampensockel E 10 (3. Ausgabe, Sept. 1939)
DIN VDE 9615 Lampensockel E 14 (3. Ausgabe, September 1939. Zusatz hierzu: Oktober 1939)
DIN VDE 9620 Lampensockel E 27 (3. Ausgabe, Sept. 1939)
DIN VDE 9625 Lampensockel E 40 (3. Ausgabe, Sept. 1939)
DIN VDE 9630 Lampensockel EW (Pauschal), Unverwechselbarkeitsvorrichtung für Pauschalfassung (2. Ausgabe, September 1939)
DIN VDE 9675 Fassungen m. Berührungsschutz, Gewinde E 14:
Blatt 1 Lehre KE 14 zur Prüfung der Kontaktgabe (Dezember 1939; Ersatz für DIN VDE 9616)
Blatt 2 Lehre BKE 14 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe (Dezember 1939; Ersatz für DIN VDE 9617)
DIN VDE 9676 —, Gewinde E 14: Grenzmaße (Dezember 1939)
DIN VDE 9680 —, Gewinde E 27:
Blatt 1 Lehre KE 27 zur Prüfung der Kontaktgabe (Dezember 1939; Ersatz für DIN VDE 9616)
Blatt 2 Lehre BKE 27 zur Prüfung des Berührungsschutzes und der Kontaktgabe (Dezember 1939; Ersatz für DIN VDE 9617)
DIN VDE 9681 —, Gewinde E 27: Grenzmaße (Dezember 1939)

DIN 323 Normungszahlen (dezimal-geometrische Reihen):
Blatt 1 Hauptwerte, Genauwerte und Rundwerte (3. Ausgabe, Oktober 1939)
Blatt 2 Erläuterungen (Oktober 1939)
DIN 676 Briefblatt A 4, Vordruck (2. Ausgabe, August 1939)
DIN 677 Halbbriefblatt A 5, Vordruck (2. Ausg., Aug. 1939)
DIN 679 Postkarte A 6 (Weltpostformat), Vordruck (2. Ausgabe, August 1939)
DIN 1055 Lastannahmen im Hochbau, Verkehrslasten:
Bl.4,Beibl. Windlast, Erläuterungen (Juni 1939)
DIN 1302 Mathematische Zeichen (3. Ausgabe, Sept. 1939)
DIN 1320 Akustik: Allgemeine Benennungen (August 1939)
DIN 1505 Vornorm Titelangaben von Schrifttum: Richtlinien (2. Ausgabe, August 1939)
DIN 2901 Dampfkessel: Druckstufen, Temperaturstufen, Leistungsstufen (April 1939)
DIN 4063 Hinweisschilder: Luftschutz (März 1939)
DIN 4065 —: Fern-Gasleitungen (2. Ausgabe, September 1939)
DIN 4538 Bildwerfer (Stehbildwerfer): Objektivdurchmesser, Bildhaltevorrichtungen, Leistungsaufnahme von Glühlampen (Oktober 1939)
DIN 4852 Korrosion: Prüfung in kochenden Flüssigkeiten (Kochversuch) (August 1939)
DIN 4853 Vornorm —: Prüfung von Leichtmetallen auf Seeklima- und Seewasser-Beständigkeit (August 1939)
DIN 7071 Chemisch-technische Grundbegriffe: Trennung fester Stoffe von Flüssigkeiten durch Filtern (August 1939)
DIN 7703 Vornorm Lager aus Kunstharz-Preßstoff: Technische Lieferbedingungen (Juni 1939)

HgN 10730 Lager aus Kunstharz-Preßstoff: Richtlinien für die Verwendung, technische Lieferbedingungen (Oktober 1939)
HgN 25021 Stecker und Steckerkabel, dreipolig für Fahrzeuge (2. Ausgabe, März 1939)

DIN HNA Bel 31 Beleuchtungskörper: Glühlampen für Wohnräume 110 V, 220 V (Mai 1939; Ersatz für HNA Bel 26a, Bl. 1)
DIN HNA Bel 32 —: Glühlampen für Allgemeinbeleuchtung 110 V, 220 V (Mai 1939; Ersatz für HNA Bel 26a, Bl. 2)
DIN HNA Bel 33 —: Glühlampen 40 V (Mai 1939)
DIN HNA Bel 34 —: Stoßfeste Glühlampen 110 V, 220 V (Mai 1939; Form A bis D; Ersatz für HNA Bel 26a, Bl. 3)
DIN HNA Bel 35 —: Sonderglühlampen (Mai 1939; Ersatz für HNA Bel 27a)
DIN HNA Lt 81 Leitungsteile: Kabel und Leitungen, Übersicht (2. Ausgabe, Juni 1939)

Digitized by Google

DIN HNA Lt 82 —: —, Ausführungsbestimmungen (2. Ausgabe, Juni 1939)
DIN HNA Lt 83 —: Einadrige Gummibleikabel, drahtbeflochten (2. Ausgabe, Juni 1939)
DIN HNA Lt 84 —: Mehradrige Gummibleikabel, drahtbeflochten (2. Ausgabe, Juni 1939)
DIN HNA Lt 85 —: Mehradrige Fernsprechkabel, drahtbeflochten (2. Ausgabe, Juni 1939)
DIN HNA Lt 86 —: Einadrige Gummiaderleitungen, ein- und zweiadrige Fernsprech- und Klingelleitungsdrähte (2. Ausgabe, Juni 1939)
DIN HNA Lt 87 —: Gummischlauchleitungen (2. Ausgabe, Juni 1939)

KM 4 Kennfarben: Farbige Kennzeichnung der Rohrleitungen, Bunker, Zellen, Tanks, Pumpen usw. (September 1939)
KM 5012 Beleuchtungskörper:
Blatt 3 Verriegelung für Innenraumleuchte (September 1939)
KM 5115 Signallaternen:
Blatt 1 Große Kielwasserlaterne, Zusammenstellung (September 1939)
Blatt 2 —, Stückliste (September 1939)
KM 5372 Sicherungen:
Blatt 4 Schraubkappen für Sicherungen 80 bis 600 A (September 1939)
KM 5373 —: Sicherungen 430 bis 600 A 250 V zum Einbau in
Blatt 1 Schalttafeln (September 1939)
KM 5471 Abzweigdosen und Kästen:
Blatt 1 Abzweigdose, wasserdicht, für Kabel bis 1,5 mm² Querschnitt (September 1939)
KM 5501 Klemmen:
Blatt 1 Klemmen für beschränkte Raumverhältnisse, für Leiter bis 2,5 mm² Querschnitt (September 1939)
Blatt 2 Klemmenleisten für beschränkte Raumverhältnisse, für mehrdrähtige Leiter bis 1,5 mm² und eindrähtige Leiter bis 2,5 mm² Querschnitt (September 1939)
Blatt 3 —, für mehrdrähtige Leiter bis 2,5 mm² Querschnitt (September 1939)
KM 5503 Klemmen:
Blatt 1 Klemmen für Leitungsanschluß in Apparaten und Kästen (September 1939)
Blatt 2 —, Einbau (September 1939)
KM 5554 Zubehör für Kabel und Leitungen: Abschlußhülsen für mehrdrähtige Leiter und Bezeichnungsschilder für die Adern der Kabel und Leitungen (Sept. 1939)
KM 6009 Gußteile:
Blatt 2 Zwischenstücke und Druckringe für Signallaternen und Beleuchtungskörper (September 1939)
Blatt 3 Untersätze für Innenraumleuchten (September 1939)
Blatt 8 Kappen für Verriegelung (September 1939)
KM 6254 Stanz-, Drück- und Ziehteile:
Blatt 1 Spiegel mit Halterung (September 1939)
KM 7301 Griffe:
Blatt 2 Schaltergriffe (September 1939)
KM 9302 Werkstoffe: Aluminium und Aluminiumlegierungen für Preßteile (November 1939)
KM 9303 —: Aluminium und Aluminiumlegierungen für Voll-
Blatt 1 stangen (November 1939)
KM 9304 —: Aluminium und Aluminiumlegierungen für Bleche und Bänder (November 1939)
KM 9305 —: Aluminium und Aluminiumlegierungen für nahtlose Rohre (November 1939)

DIN Kr 1 Einführung der Normen (Juli 1939)
Beiblatt Verbindlichkeitsliste der Normen für den Kraftfahrbau, Stand Juli 1938 (August 1939)
DIN Kr 2320 Lichtbatterien in Blockkasten, Nennspannung 6 V: Blei-Akkumulator u. Schutzkappe für Plusklemme (5. Ausgabe, Oktober 1939)

DIN LON 173 Schutzeinrichtung für elektrische Leitungen: Anschlußstutzen, Metallschlauchmuffe, Dichtung, Verschlußstopfen (August 1939)

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 535.1

Sichtbares und unsichtbares Licht. Von Prof. Dr. E. Rüchardt. (Verständliche Wissenschaft, Bd. 35). Mit 135 Abb., VII u. 175 S. im Format 120 × 185 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1938. Preis geb. 4,80 RM.

Nach einer eingehenden Darstellung der Eigenschaften des sichtbaren Lichtes (Spiegelung, Brechung, Beugung, Interferenz, Polarisation, Doppelbrechung, Dispersion) werden die unsichtbaren Strahlen (Ultrarot, Ultraviolett, elektromagnetische Wellen und Röntgenstrahlen) behandelt.

Es wird gezeigt, daß alle diese Strahlenarten im Wesen einander gleich sind und den gleichen Gesetzen gehorchen, wenn auch ihre Eigenschaften infolge der verschiedenen Wellenlängen und Energieinhalte zunächst sehr verschieden zu sein scheinen. Durch Hinweise und Anführung z. T. wenig bekannter Beispiele dafür, wie mit Hilfe der Kenntnis der Eigenschaften der verschiedenen Strahlenarten weitere wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen wurden bzw. Einblicke in bisher verschlossene Gebiete möglich waren, ist der Stoff sehr interessant gestaltet. Abschließend wird auf die Beziehungen zwischen der elektromagnetischen Wellentheorie des Lichtes und der Quantentheorie sowie auf den Zusammenhang zwischen Materie und Strahlung kurz eingegangen. Die Darstellung ist — soweit es der Stoff überhaupt zuläßt — recht klar und allgemeinverständlich, so daß man sich auch nach anstrengender beruflicher Tätigkeit gern mit dem Buch beschäftigt. M. Wolff.

EINGÄNGE.

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher.

Reibung und Verschleiß. Vorträge der VDI-Verschleißtagung Stuttgart, 28. und 29. Oktober 1938, Mit 121 Abb. u. 189 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis geh. 10 RM.

[Mit dieser Tagung sollte der Verschleißforschung verstärkte Anregung gegeben, insbesondere die Gemeinschaftsarbeit auf diesem Fachgebiet gefördert werden. Bei der Außerbetriebsetzung von Maschinen und Apparaten fällt dem Verschleiß der Maschinenteile eine besondere Bedeutung zu. Der weitaus größte Teil der Erneuerungsarbeiten entfällt auf die Wirkung von Verschleißvorgängen. Von allen Forschern wurde auf die phys.-chemischen Effekte neben den mechanisch-technologischen Vorgängen in den Verschleißflächen nachdrücklichst hingewiesen. Die Aufnahme von Beugungsbildern mit Hilfe von Röntgenstrahlen nach dem Rückstrahlverfahren, und noch besser mit Hilfe von Elektronenstrahlen hat sich als geeignetes Hilfsmittel erwiesen, Veränderungen im Oberflächenfeinbau aufzufinden (S. 35) und die Erkenntnisse über den Verschleiß zu erweitern. Die Einwirkung elektrischer Fahrzeuge auf die Abnutzung bei Schiene und Rad ist im Vortrage Kühnel (S. 135) erörtert.] *Pge.*

Hilfsbuch für Rundfunkentstörer. Im Auftrage des Reichspostministeriums bearb. von Techn. Obertelegrapheninspektor Willy Schulz. Mit 223 Abb., VIII u. 258 S. im Format A 5. Verlag für Wissenschaft und Leben Georg Heidecker, Berlin 1939. Preis geb. 5,90 RM.

[Der Verfasser vermittelt auf Grund seiner praktischen Erfahrungen bei der Reichspost in seinem, als Hilfe des für den Rundfunkentstörer der Post gedachten Buches einen Einblick in das Wesen der elektrischen Maschinen und Geräte und in die Art ihrer Entstörung. Seiner Bestimmung entsprechend enthält das Buch neben der Beschreibung der Sende- und Empfangsvorgänge auch alle Regelungen, Richtlinien und Vorschriften, welche Behörden, Wirtschaftsgruppen usw. zur Bekämpfung der Rundfunkstörungen aufgestellt haben.] *Cms.*

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. K. Franz, Falkensee Krs. Osthavelland, Beethovenstr. 26.
Dr. F. Pawlek, Berlin-Köpenick, Unter den Birken 39.
Dr.-Ing. K. Reche, Berlin-Siemensstadt, Quellweg 56.
E. Reichelt, Berlin-Friedenau, Odenwaldstr. 22.

Abschluß des Heftes: 15. Dezember 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

60. Jahrgang | Berlin, 28. Dezember 1939 | Heft 52

EW-Telephonie-Weitsprechverbindungen im Linienverkehr auf Höchstspannungsleitungen.

Von **Paul du Mont VDE**, Berlin, und **Raoul Baranowsky VDE**, Berlin.

DK 621.396.44+621.395 : 621.315.1.027.7

Übersicht. Die durch die Einführung von HF-Zwischenverstärkern mit Sprechstellen und Linienverkehr gegenüber den bisherigen Verkehrsarten der EW-Telephonie (Zentralverkehr und Wellenwechsel) erzielten Vorteile werden dargestellt: völlig gleichberechtigte Aufschaltung, Gemeinschaftsgespräche, Zwangstrennung von bestehenden Verbindungen, dichterer Einsatz bzw. Einsparung von Trägerfrequenzen, geringe Empfangsempfindlichkeit, geringe Beeinflußbarkeit durch Störfrequenzen und günstigste Energieverhältnisse (Reichweite, Störpegelabstand) durch wiederholte Zwischenverstärkung. Die Grundgesichtspunkte für die Planung von EW-Telephonienetzen werden aufgestellt. Der Linienverkehr entspricht ihnen weitgehend und erscheint deshalb besonders für die Erstellung von Weitsprechverbindungen geeignet. Entsprechende HF-Verstärker mit Empfangs- und Sendemöglichkeit werden im Fernwirklinienbetrieb eingesetzt.

Die Hochfrequenzübertragungstechnik längs Hochspannungsleitungen, insbesondere für Fernsprechzwecke (EW-Telephonie), ist durch die in den letzten Jahren immer mehr vervollkommneten HF-Zwischenverstärker erheblich verbessert und erweitert worden. Auf den Erfahrungen mit den ersten Verstärkern ohne Pegelregelung weiterbauend wurden im Jahre 1936 die ersten Zwischenverstärker mit Pegelregelung (die dann ein fester Bestandteil dieser Geräte wurde), 1937 der erste derartige Zwischenverstärker mit einem großen HF-Gerät vereinigt (mit Sprechstelle), und 1938 der erste Zwischenverstärker mit Sprechstelle für Linienverkehr zum Einsatz gebracht. Damit ist ein gewisser Abschluß in dieser Entwicklungsreihe erreicht, der es zweckmäßig erscheinen läßt, die Ergebnisse und die neugewonnenen Möglichkeiten kurz zusammenfassend darzustellen und daraus einige Folgerungen für den künftigen Aufbau von EW-Telephonienetzen auf Höchstspannungsleitungen zu ziehen.

1. Bisherige Verkehrsarten; Zentralverkehr, Wellenwechsel.

Bis zur Einführung des Linienverkehrs konnten mehrere HF-Geräte in den (in Deutschland durchweg angewandten) Zweiwellen - Zweiseitenband - Hochfrequenzsprechbezirken entweder im Zentral- oder Wellenwechselverkehr miteinander arbeiten, wenn man von den Übergängen zwischen beiden Verkehrsarten absieht. Im Ruhezustand sind bei diesen Anlagen nur die Empfänger in Betrieb, um etwaige Anrufe aufnehmen zu können. Zur Herstellung einer Verbindung setzt das anrufende Gerät seinen Sender auf der einen Trägerfrequenz in Betrieb, worauf nach Übermittlung des Anrufes das angerufene auf der anderen Trägerfrequenz des Sprechbezirkes antwortet. Bei dieser Technik darf auf jeder Trägerfrequenz immer nur ein Sender in Betrieb sein, um mit Sicherheit das Auftreten sehr störender Überlagerungstöne zwischen den von zwei Sendern ausgehenden Hochfrequenzen zu vermeiden. Infolgedessen ist immer nur ein Gespräch zwischen höchstens zwei HF-Geräten bzw. zwei Teilnehmern möglich.

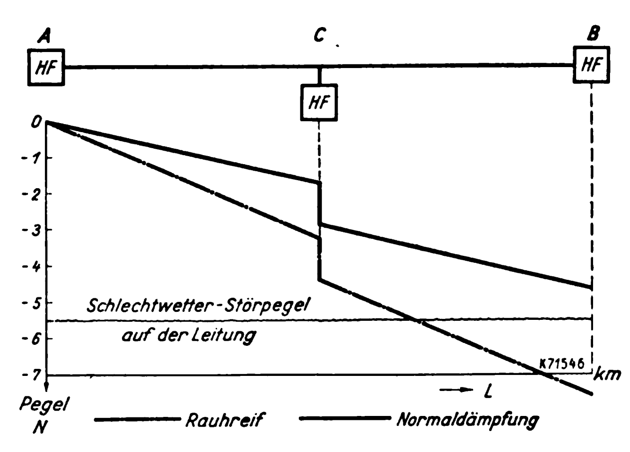


Abb. 1. Pegeldiagramm einer EW-Telephonie-Weitsprechverbindung mit 3 Stationen.

Nur wenn ein drittes HF-Gerät die Teilnehmer einer bestehenden Gesprächsverbindung durch ein Störzeichen veranlassen will, das Gespräch zugunsten einer dringenden Meldung abzubrechen, setzt es seinen Sender auf einer schon von einem anderen Sender ausgesandten Frequenz in Betrieb. Das Störzeichen kann entweder unmittelbar durch den Interferenzton, besser jedoch noch außerdem mit einer Störzeichenmodulation gegeben werden. Die Lautstärke des dadurch im bestehenden Gespräch verursachten Störzeichens hängt von den Dämpfungen zwischen den beteiligten Geräten ab. Es besteht keine Gewähr dafür, daß das Störzeichen in allen Fällen mit genügender Lautstärke durchkommt, um als solches erkannt zu werden. Insbesondere ist aber auch das Mitsprechen des dritten Gerätes im allgemeinen unmöglich (bzw. unverständlich), weil durch das Vorhandensein zweier sich

Digitized by Google

einander störender HF-Sender fast gleicher Frequenz starke Sprachverzerrungen auftreten. Nur beim Sammelruf können mehrere HF-Geräte gleichzeitig angerufen werden. Die Sender der antwortenden Geräte werden dann abwechselnd von Hand in Betrieb gesetzt, so daß immer nur der gerade sprechende sendet, niemals aber mehrere gleichzeitig. Die Reichweite des Sprechbezirkes ist dadurch begrenzt, daß die auf den Empfänger kommende HF-Energie ein bestimmtes, durch den am Empfangsort wirksamen Störpegel gegebenes Maß nicht unterschreiten darf. Das Diagramm einer derartigen Verbindung zwischen den drei Werken A, B und C ist in Abb. 1 dargestellt, wobei der Pegel Null auf die in der Sendestelle ausgesandte Energie von 10 W bezogen ist.

2. Zwischenverstärkung und Linienverkehr.

Durch den Einsatz von Zwischenverstärkern mit Sprechstelle und Tastruf, die dieser Technik des Zentral- und Wellenwechselverkehrs angepaßt wurden, konnte an der Stelle *C* der Energieverlust nicht nur aufgehoben, sondern darüber hinaus noch eine erhebliche Verstärkung vorgenommen werden, wie es in Abb. 2 dargestellt ist. Damit gelang es zunächst, die Begrenzung der Reichweite eines Sprechbezirkes durch die Dämpfung der Leitungen und Überbrückungen weitgehend aufzuheben. Außerdem kann aber ein derartiger Zwischenverstärker bei Gesprächen, die über ihn hinweg geführt werden, durch Veränderung seines Verstärkungsgrades im Rhythmus von Sprachschwingungen auch Nachrichten zu den Endstationen des Gespräches geben, d. h. ohne Inbetriebsetzung seines Senders lediglich durch Unterwegsmodulation der durchlaufenden HF-Träger und bei Einschaltung seiner beiden Empfänger gleichberechtigt an dem Gespräch teilnehmen.

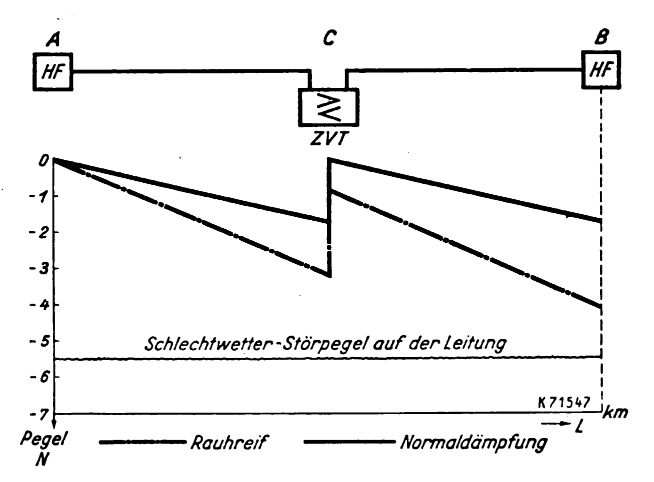


Abb. 2. Pegeldiagramm einer EW-Telephonie-Weitsprechverbindung zwischen *A* und *B* mit HF-Zwischenverstärker in *C*.

Auf dieser Eigenschaft der Zwischenverstärker mit Sprechstelle aufbauend, wurde der L i n i e n v e r k e h r [1]) geschaffen, der nun eine ganze Reihe bisher in der EW-Telephonie unbekannter Eigenschaften besitzt, die durch eine ihm angemessene Planung in den Dienst der Praxis gestellt werden müssen. Seine Arbeitsweise geht aus Abb. 3 hervor. In den Endstationen eines Hochfrequenzsprechbezirkes, der eine Reihe von Werken umfaßt, die im Zuge einer Leitung oder Linie angeordnet sind, stehen zwei Sender ständig in Betrieb: Im Werk I der Sender S_1 auf der Frequenz F_1, im Werk V der Sender S_2 auf der Frequenz F_2. Alle zwischen den Werken I und V liegenden mit Sprechstellen ausgerüsteten Werke II, III und IV besitzen als HF-Geräte lediglich Zwischenverstärker für Linienverkehr mit Sprechstelle. Für die Herstellung eines Gespräches sowohl von den Endgeräten als auch von einem Zwischenverstärkergerät aus wird vom anrufenden HF-Gerät lediglich die Modulationseinrichtung in Betrieb gesetzt. Durch Tonfrequenz werden die Wahlimpulse über die Hochfrequenz zu den anderen Werken übertragen, und zwar, falls das anrufende Gerät einer der Zwischenverstärker ist, in beiden Richtungen, nämlich auf der Frequenz F_1 für die Richtung zum Werk V, und auf der Frequenz F_2 für die Richtung zum Werk I. Ebenso wird die Sprache durch Modulation des oder der ausgesendeten Träger gleichzeitig zu allen übrigen Geräten übertragen. Gespräche können also zwischen beliebigen Werken des Sprechbezirkes stattfinden.

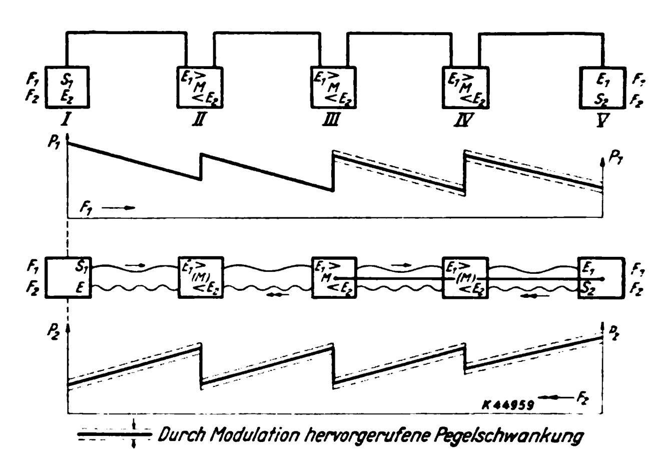


Abb. 3. Linienverkehr mit 3 Zwischenverstärkergeräten.

Will sich in einem derartigen Sprechbezirk ein Gerät auf eine bestehende Verbindung zur Durchgabe einer dringenden Meldung aufschalten, so ist es jederzeit dazu unabhängig von seiner Lage im Sprechbezirk und dem Besprechungszustand der übrigen Stationen fähig. Es setzt lediglich durch die vorgesehene Aufschalteinrichtung, die nur für die dazu Berechtigten eingerichtet wird, seine beiden Sprachempfänger und seine auf beide Frequenzen wirkende Modulationseinrichtung in Betrieb. Es kann nunmehr als völlig gleichberechtigter Teilnehmer an dem Gespräch teilnehmen, mit gleicher Lautstärke hören und sprechen wie die beiden anderen Gesprächspartner. Dadurch kann also auch immer sehr leicht festgestellt werden, welches Gespräch tatsächlich wichtiger ist; das dringendere kann immer durchgesetzt werden.

3. Besondere Eigenschaften; Zwangstrennung, Gemeinschaftsgespräche, Energieverhältnisse und Ausnutzbarkeit für HF-Selektivschutz.

Hat ein Werk in einem derartigen Sprechbezirk eine überragende Bedeutung und Befugnis (z. B. der Lastverteiler), so kann ihm sogar die Möglichkeit gegeben werden, bestehende Verbindungen zu seinen Gunsten selbst gegen den Willen der Gesprächspartner aufzulösen. In diesem Fall wird durch ihn ein Tonfrequenzkriterium auf den Sprechbezirk gegeben, das in allen Stationen des Sprechbezirkes die Auslösung herbeiführt, so daß nunmehr der Lastverteiler die freie Verbindung für seine Zwecke zur Verfügung hat. Das ist insbesondere dann ein erheblicher Vorteil, wenn beispielsweise eine Durchschaltung in eine Niederfrequenzanlage von Hand hergestellt wird, die nicht mit der gleichen Aufmerksamkeit überwacht wird wie ein vom Werk selbst geführtes Gespräch,

[1]) Baranowsky, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 179. „Der Wellenmangel in der EW-Telefonie und Wege zu seiner Beseitigung."

Digitized by Google

und wenn dadurch der Sprechbezirk sonst nicht rechtzeitig freigemacht wird.

Außerdem besteht aber auch die Möglichkeit, mehrere oder alle zu einem Linienverkehrssprechbezirk zusammengefaßten Werke gleichzeitig zu einem Gemeinschaftsgespräch (Konferenzgespräch) anzurufen. Insbesondere in Störungsfällen oder bei Schalthandlungen, bei denen mehrere Werke gleichzeitig verständigt werden oder ihr Einverständnis geben müssen, kann dadurch eine außerordentliche Beschleunigung der eigentlichen betrieblichen Vorgänge erreicht werden. Im Gegensatz zum Sammelruf bei Wellenwechsel können hierbei alle Werke mithören und mitsprechen, und zwar alle mit gleicher Lautstärke, ohne für die Abwicklung des Gespräches irgendwelche Eingriffe von Hand vornehmen zu müssen.

Wie aus dem in Abb. 3 dargestellten Pegeldiagramm hervorgeht, wird neben diesen für den Sprechverkehr sehr angenehmen Eigenschaften auch noch

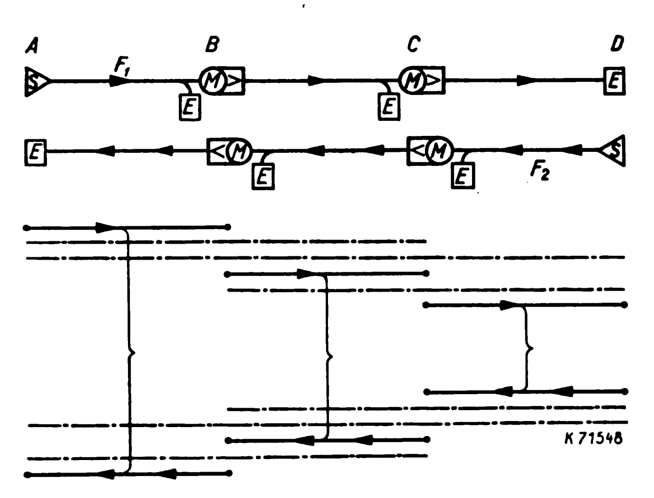


Abb. 4. Verbindungsmöglichkeiten beim Linienverkehr insbesondere für Hochfrequenzschutz.

in jedem Werk eine Verstärkung der HF-Energie vorgenommen. Jede angeschlossene Sprechstelle verursacht nicht einen Verlust (wie in Abb. 1), sondern einen Gewinn an HF-Energie (wie in Abb. 2). Die Reichweite eines derartigen Sprechbezirkes kann daher bei genügend dichtem Einsatz von Verstärkern praktisch beliebig weit getrieben werden.

Das dauernde Vorhandensein und die wiederholte Verstärkung des HF-Trägers bringt nun noch zwei weitere, namentlich für den Betrieb auf Höchstspannungsleitungen sehr wichtige Eigenschaften mit sich. Durch den HF-Träger werden die Pegelregler dauernd so eingestellt, daß die Empfangsempfindlichkeit jeweils der zwischen der vorhergehenden HF-Station und dem jeweiligen Empfänger liegenden Dämpfung entspricht. Während bei Zentral- und Wellenwechselverkehr die Empfängerempfindlichkeit im Ruhezustand immer am größten ist und nur bei einem Gespräch auf das jeweils nötige Maß herabgesetzt wird, steht der Linienverkehrsempfänger immer auf relativ niedriger Empfindlichkeit. Er ist daher auch durch Störfrequenzen geringerer Energie, wie sie durch Funkenübergänge auf der Hochspannungsleitung oder durch Sender anderer HF-Anlagen (auch drahtlose) entstehen können, bei weitem nicht so leicht zu stören wie die Empfänger in Anlagen ohne Dauerträger. Weiterhin wird aber auf der ganzen Länge der Verbindung die Nutzenergie in einer Höhe gehalten, die praktisch dem Einsatz immer neuer Sender mit der vollen behördlich zugelassenen Energie entspricht, was dem Störpegelabstand der Verbindung sehr zugute kommt.

In einem Linienverkehrssprechbezirk stehen alle technisch vorhandenen Verbindungsmöglichkeiten dauernd und ohne jede Verzögerung sofort zur Verfügung. Die Kanäle müssen nicht erst wie beim Wellenwechsel- und Zentralverkehr im Bedarfsfall eingeschaltet und aufgebaut werden. Insbesondere sind die in Abb. 4 mit Klammern gekennzeichneten Verbindungen zwischen den jeweils benachbarten Werken dauernd vorhanden. Dieser Umstand ermöglicht es grundsätzlich, auf den beiden Trägerfrequenzen des Linienverkehrssprechbezirkes auch noch die Übertragung der für den Hochfrequenzselektivschutz nötigen Kriterien für sämtliche Teilabschnitte vorzunehmen. Der Einsatz besonderer HF-Geräte und Sperren auf anderen Trägerfrequenzen für diese Zwecke ist dabei also nicht mehr nötig, was hinsichtlich der Ersparnis an Trägerfrequenzen und Anlagekosten erheblich ins Gewicht fällt.

4. Bisherige Betriebserfahrungen mit dem Linienverkehr.

Die im Herbst 1938 in Betrieb gesetzte erste Verbindung dieser Art, die noch nicht für HF-Selektivschutz ausgenutzt wurde, hat diese theoretischen Überlegungen in vollem Umfang bestätigt. Durch geeignete Ausgestaltung der Ankopplung konnte die Rückkopplungsdämpfung am Aufstellungsort des Verstärkers, von der der erreichbare Verstärkungsgrad abhängig ist, sogar noch wesentlich größer als ursprünglich erwartet gehalten werden, so daß die ausnutzbare Verstärkung in diesem Falle noch über den im allgemeinen zu erwartenden 2,5 N liegt (bezogen auf die Ankopplungspunkte der Kopplungskondensatoren an die Leitung. Die Zuleitungsverluste, die zwischen den Ankopplungspunkten und dem Zwischenverstärker auftreten, werden außerdem ausgeglichen). Obwohl der Störpegel der etwa 370 km langen 220 kV-Leitung, in deren Mitte etwa der Verstärker aufgestellt worden ist, erheblich höher liegt als der der üblichen 100 kV-Leitungen, konnte doch durch den Einsatz des Verstärkers ein genügender Störpegelabstand erzielt werden. Der Verstärker gibt dabei die volle behördlich zugelassene Leistung ab, so daß auch bei Aufteilung in zwei Sprechbezirke mit Inanspruchnahme von zwei Trägerfrequenzpaaren keine günstigeren Verhältnisse hätten erzielt werden können. Man hätte dann höchstens die Möglichkeit gewonnen, in jedem Teilbezirk gleichzeitig ein Gespräch zu führen. Für die Weitverbindung zwischen den Endgeräten hätte sich aber auch hinsichtlich der gleichzeitigen Verbindungsmöglichkeiten nichts geändert. Kommen noch weitere Werke hinzu, so werden sich die Energieverhältnisse bei Einsatz mehrerer Zwischenverstärker im Gegensatz zu der früheren Technik, bei der am Aufstellungsort der Hochfrequenzgeräte Energieverluste entstanden, weiter verbessern. Auf Grund der günstigen Ergebnisse und der guten Betriebseigenschaften der Verbindung sind bereits fünf weitere Verbindungen in Auftrag gegeben worden, wovon sich eine über rd. 480 km erstreckt.

5. Folgerungen für den Neuaufbau von EW-Telephonienetzen.

Nach dieser kurzen Darstellung der Linienverkehrstechnik ist nun zu untersuchen, wie der Linienverkehr den bestehenden und im Aufbau befindlichen Hochfrequenznetzen so eingefügt werden kann, daß er eine möglichst große Bereicherung für den praktischen Betrieb ergibt. Bisher standen für den Aufbau derartiger Hochfrequenznetze drei Lösungsmöglichkeiten zur Verfügung:

1. Zentralverkehr,
2. Wellenwechsel,
3. Sprechbezirke mit nur je zwei Hochfrequenzgeräten und im Zusammenhang damit Relaisstationen.

Bei der ungenügenden Aufschalttechnik dieser Verkehrsarten Zentralverkehr und Wellenwechsel konnten

Digitized by Google

häufig dringende Meldungen zum Lastverteiler oder bei Wellenwechselanlagen auch vom Lastverteiler zu einem anderen Werk nicht durchgegeben werden. Das führte einerseits zur Aufteilung von Sprechbezirken in kleinere Sprechbezirke oder in manchen Netzen sogar zur Auflösung in Sprechbezirke von grundsätzlich nur zwei Geräten. Daneben bildete sich die Unterscheidung zwischen Nah- und Weitsprechnetzen aus, damit die Verbindungen zwischen Haupt- und Unterlastverteilern nicht durch weniger wichtige Gespräche lokalen Charakters besetzt und damit stillgelegt werden konnten. Durch die zunehmende Aufteilung wurden anderseits wieder sehr viele Trägerfrequenzpaare in Anspruch genommen, so daß in manchen Netzen bereits ein fühlbarer Mangel an Trägerfrequenzen eingetreten ist. Diesen Mängeln und der dadurch entstandenen Frequenzknappheit kann der neu entwickelte Linienverkehr durch seine besondere Eigenart grundlegend abhelfen, soweit nicht die Unterteilungen durch die Gesprächshäufigkeit erzwungen sind.

Für den Aufbau von Hochfrequenzfernsprechnetzen für Elektrizitätswerke sind folgende Hauptforderungen zu stellen:

1. Der Betrieb muß immer in der Lage sein, eilige und wichtige Meldungen ohne Wartezeiten sofort durchzugeben. Dabei hat die Lastverteilung den unbedingten Vorrang vor allen anderen Gesprächen.
2. Bei Ausfall einer Verbindung durch Störungen an der Hochspannungs- oder an der Hochfrequenzanlage soll möglichst wenigstens eine Reserveverbindungsmöglichkeit zu jeder wichtigen Stelle vorhanden sein. Dabei können Umwege (z. B. über Ringverbindungen) in Kauf genommen werden.
3. Die für die Abwicklung sämtlicher Gesprächsbedürfnisse notwendige Anzahl an Verbindungskanälen sollte im Normalzustand verfügbar sein.
4. Die Trägerfrequenzen sind möglichst sparsam einzusetzen, um den Ausbau weiterer Kanäle im eigenen oder in Nachbarnetzen zu ermöglichen.

Die erste Forderung ist in Linienverkehrssprechbezirken grundsätzlich immer erfüllt, so daß wichtige, vor allem Lastverteilergespräche, auch unter allen Umständen durchgesetzt werden können. Die zweite Forderung muß durch entsprechende Projektierung, Schaffung von Ring- oder Parallelverbindungen, die unabhängig voneinander arbeiten, erfüllt werden. Die Zahl der für die Erfüllung der dritten Forderung notwendigen Verbindungskanäle hängt von der Gesprächsdichte, d. h. der Zahl und Dauer der in einem Netz abzuwickelnden Ferngespräche, und damit neben der eigentlich zu übertragenden Nachrichtenmenge auch sehr stark von der Gesprächsdisziplin ab. Der Linienverkehr bietet technisch die Möglichkeit, durch Überwachung seitens einer dazu eingerichteten übergeordneten Stelle die Gesprächsdisziplin zu verbessern, dadurch die Gesprächsdichte und die Belastung der Fernsprechanlage auf das wirklich nötige Maß herabzusetzen.

Im übrigen lassen sich die bis zu einem gewissen Grade gegensätzlichen Forderungen 3 und 4 dadurch miteinander in Einklang bringen, daß parallel verlaufende Verbindungen, die bisher aus Gründen der ungenügenden Aufschalttechnik für völlig getrennte Aufgaben verwendet wurden (Nahsprech- und Weitsprechverbindungen), nunmehr grundsätzlich wegen der beim Linienverkehr technisch vollkommenen Aufschalt- und Trennmöglichkeit für alle Zwecke verwendet werden können, ohne daß der Vorrang der wichtigen Weitsprech- und Lastverteilerverbindungen beeinträchtigt wird. Die Benutzung aller Verbindungen kann gleichmäßiger erfolgen, im Mittel also steigen, und alle können sich in Störungsfällen gegenseitig aushelfen. Das angelegte Kapital und das durch die Verbindungen belegte Frequenzband kann also wirtschaftlicher ausgenutzt werden.

Die energiemäßigen und betrieblichen Eigenschaften des Linienverkehrs (Störpegelabstand, Rauhreifsicherheit, Aufschaltmöglichkeit, Mithören, Mitsprechen, Gemeinschaftsgespräche, Zwangstrennung) werden nur noch von den aus lauter Relaisstationsbezirken zu je zwei HF-Geräten (und zwei Trägerfrequenzen) zusammengesetzten Verbindungen erreicht. Diese bieten zwar durch ihren höheren Aufwand an Trägerfrequenzen entsprechend mehr gleichzeitige Gesprächsmöglichkeiten für die Teilverbindungen, gestatten aber auch nur ein einziges Gespräch über die Gesamtstrecke. Die Linienverkehrsverbindung kommt mit ganz erheblich geringerem Aufwand an Trägerfrequenzen, namentlich bei Mitausnutzung für HF-Selektivschutz, aus bzw. würde bei gleichem Aufwand an Trägerfrequenzen eine erhebliche Steigerung der Verbindungs- und Gesprächsmöglichkeiten ergeben. Der Linienverkehr erscheint daher zur weiteren Ausgestaltung der Hochfrequenznetze, namentlich bei der Zusammenschaltung großer Höchstspannungsnetze, berufen.

6. Modulierter Hochfrequenzfernwirk-Linienbetrieb.

In ähnlicher Weise ist es gelungen, Hochfrequenzzwischenverstärker für modulierte Hochfrequenzübertragungen für Fernwirkanlagen einzusetzen, so daß entsprechend dem Linienverkehrsbetrieb bei der Hochfrequenztelephonie für die Fernwirkanlagen der Hochfrequenzfernwirk-Linienbetrieb möglich geworden ist. Dabei kann am Verstärker sowohl der Empfang der von der Sendestelle herrührenden Zeichen als auch die Neusendung anderer Zeichen zum nächsten Zwischenverstärker oder zum entfernten Empfangsort vorgenommen werden. Eine derartige Anlage befindet sich ebenfalls seit Herbst 1938 einwandfrei im Betrieb. Aus Gründen der Einsparung von Trägerfrequenzen werden neue Netze demnächst in großem Umfang mit dieser neuen Betriebsweise ausgerüstet, wobei die modulierten Kanäle auch für die Übertragung von Hochfrequenz-Selektivschutzkriterien mit ausgenutzt werden.

Zusammenfassung.

Die praktischen Erfahrungen mit dem Linienverkehr haben seine günstigen, dem Betrieb der EW-HF-Netze besonders entsprechenden Eigenschaften bestätigt. Er erscheint durch die sparsame Verwendung von Trägerfrequenzen, durch die vollkommene Technik der Gemeinschaftsverbindung, der Aufschaltung und Zwangstrennung, durch hohe Energiesicherheit und großen Störpegelabstand zum Aufbau von Weitsprechverbindungen geeignet, die, ohne den Vorrang wichtigerer Gespräche zu beeinträchtigen, nun auch zur Entlastung der Nahverbindungen und zur Aushilfe mit herangezogen werden können. Entsprechende Verstärker werden für die HF-Fernwirkübertragung mit moduliertem Betrieb im Fernwirklinienbetrieb eingesetzt, wo sie ebenfalls bei günstigsten Energiesicherheiten Weitübertragungen bei geringstem Verbrauch an Trägerfrequenzen ermöglichen.

Digitized by Google

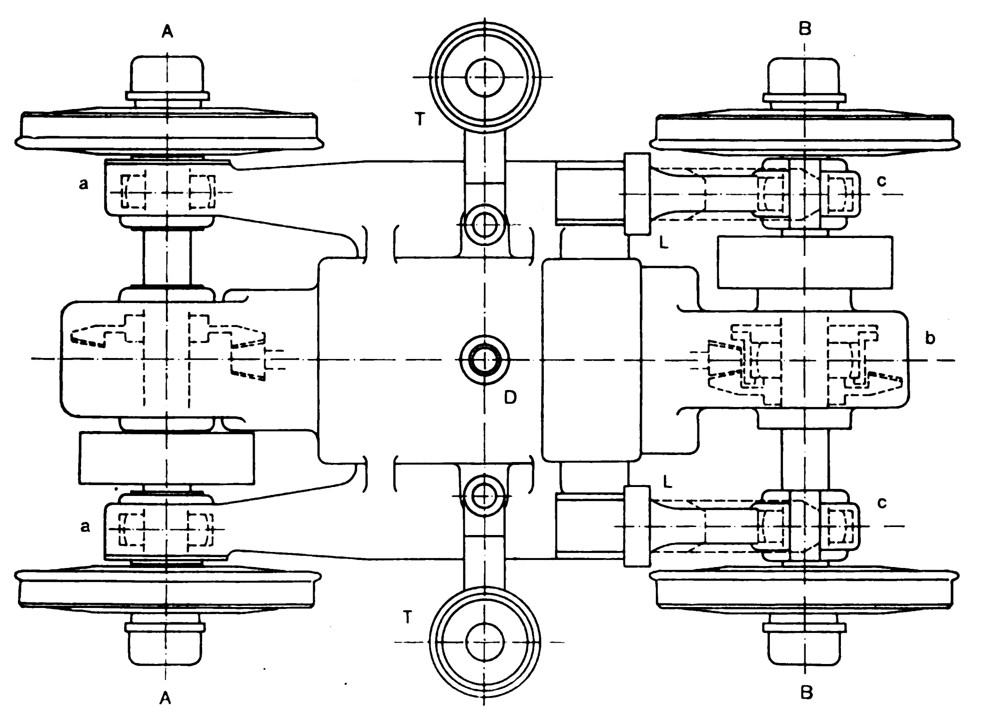
Motor-Drehgestell für Leichtbau-Triebwagen.

Von D. Neubronner VDE, Mannheim.

DK 621.335.42 : 625.2.011.12

Übersicht. Nach einem kurzen Vergleich der Laufeigenschaften von zwei- und vierachsigen Straßenbahn-Triebwagen wird das Drehgestell des leichtesten in Deutschland gebauten vierachsigen Großraumwagens (Essener Straßenbahnen) in Aufbau und Wirkungsweise beschrieben und über Betriebserfahrungen berichtet. Außerdem ist auf die Bedeutung des gummigepolsterten Eisenbahnrades für die Straßenbahnwagen hingewiesen.

Die Straßenbahn-Triebwagen wurden ursprünglich allgemein als starre Zweiachser ausgeführt. In den letzten Jahrzehnten aber verwendet man immer mehr vierachsige Drehgestellwagen. Der Zweiachser, der zwar billig in der Anschaffung und in der Instandhaltung ist, hat im Vergleich zum Vierachser schlechte Laufeigenschaften, da sein Achsstand mit Rücksicht auf die zu durchlaufenden Kurven nicht beliebig groß gemacht werden kann, und da infolgedessen namentlich lange Wagen in der Geraden bei höheren Geschwindigkeiten sehr stark schlingern. Hierdurch und durch die schlechte Kurvenläufigkeit werden die geringeren Anschaffungskosten des Zweiachsers zum großen Teil durch höheren Schienen- und Radbandagen-Verschleiß ausgeglichen.



A–A feste Achse
B–B schwenkbare Achse
a, *b* Traglager
c Lenklager
D Drehzapfen
L Lenkarme
T Tragfedern

Abb. 1. Motordrehgestell für Leichtbautriebwagen.

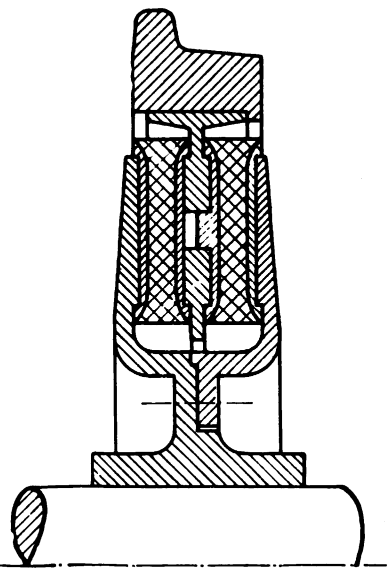


Abb. 2. Gummigepolstertes Eisenbahnrad.

Demgegenüber hat der Vierachser hervorragende Laufeigenschaften, allerdings ist er im allgemeinen schwerer und teurer als ein Zweiachser. Damit der Vierachser dieselbe Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung wie der Zweiachser erreichen kann, deren Größtwert durch die Haftreibung zwischen Triebrädern und Schienen begrenzt ist, müssen alle vier Achsen angetrieben werden, das heißt, der Triebwagen muß entweder mit vier Tatzlagermotoren ausgerüstet werden, oder bei zweimotorigen Triebwagen müssen die beiden Achsen eines Drehgestelles mit dem Motor gekuppelt sein.

Ein in Leichtbauweise ausgeführter Drehgestell-Triebwagen mit zwei Motoren und Vierachsantrieb, der noch leichter ist als ein Zweiachser mit gleicher Platzzahl, wurde zum erstenmal von der Essener Straßenbahn[1]) im Jahre 1933 in Betrieb genommen und hat bis heute etwa 160 000 km zurückgelegt, so daß über Betriebserfahrungen berichtet werden kann. Die Drehgestelle[2]) dieses Wagens werden unter Berücksichtigung der bei den neuesten Bauarten durchgeführten Verbesserungen nachstehend beschrieben.

Den eigentlichen Drehgestellkörper bildet hier das Motorgehäuse, ein Kastenrahmen ist also überhaupt nicht vorhanden. Um eine gleichmäßige Lastverteilung auf die vier Räder zu erreichen, ist der Drehgestellkörper (Abb. 1), das heißt also der Motor, in drei Punkten auf den beiden Achsen, und zwar in den Tatzlagern *a* auf die feste Achse *A* und in dem Pendellager *b* auf die Schwenkachse *B* abgestützt. Die Schwenkachse *B* wird von den beiden Lenkarmen *L*, die mit Gummilagern am Motorgehäuse angelenkt sind, geführt. Zur Entlastung des Pendellagers *b* wird ein Teil der Last über Blattfedern und die Lager *c* auf die Schwenkachse *B* übertragen. Die Schwenkachse kann sich also nur in einer senkrechten Ebene um das Pendellager drehen. Am Motorgehäuse sind seitlich schwenkbar zwei Tragfederarme *T* angelenkt, die über Wendelfedern den Wagenkasten tragen. Der unmittel-

[1]) W. Prasse, Verkehrstechnik 14 (1933) S. 400.
[2]) K. Mohrdieck, BBC-Nachr. 22 (1935) S. 58.
[3]) P. Becker, Verkehrstechnik 15 (1934) S. 403.

Digitized by Google

bar am Gehäuse angegossene Drehzapfen übernimmt jedoch keine senkrechten Kräfte, er dient nur zur Führung des Drehgestelles.

Der Motor, dessen Achse in der Längsrichtung des Drehgestelles liegt, ist also gegen die Achsen nicht gefedert. Das Drehmoment wird durch zwei spiralverzahnte Kegelradgetriebe, die im Ölbad laufen und sich durch besonders geräuscharmen Lauf auszeichnen, auf die beiden Achsen übertragen. An sich sind sowohl der Motor, dessen Konstruktion ohne wesentliche Änderungen von Tatzlagermotoren übernommen wurde, als auch die Lager, die alle als Rollenlager ausgeführt sind, auch gegen grobe Stöße unempfindlich. Um die ungefederten Massen des Drehgestelles zu verkleinern und um Schläge, die von den Schienen herrühren, zu dämpfen, sind die Triebräder mit Gummipolsterung versehen (Abb. 2). Dadurch werden gleichzeitig auch Reib- und Ratterschwingungen von den Motoren ferngehalten und die Geräuschübertragung von den Rädern auf das Drehgestell und den Wagenkasten vermindert. Der Radreifen ist auf einen Ring mit T-förmigem Querschnitt aufgeschrumpft. Dieser ist zwischen zwei Vollgummireifen mit aufvulkanisierten Stahlringen gespannt, die von Radscheibe und Scheibendeckel zusammengepreßt werden. Durch diese Anordnung können sowohl radiale wie auch axiale und tangentiale Kräfte übertragen werden. Da die Radreifen gegen den Wagenkasten isoliert sind, wird der Fahrstrom über zwei Erdungsbürsten, die auf der Außenseite der Bandagen schleifen, zu den Schienen geführt.

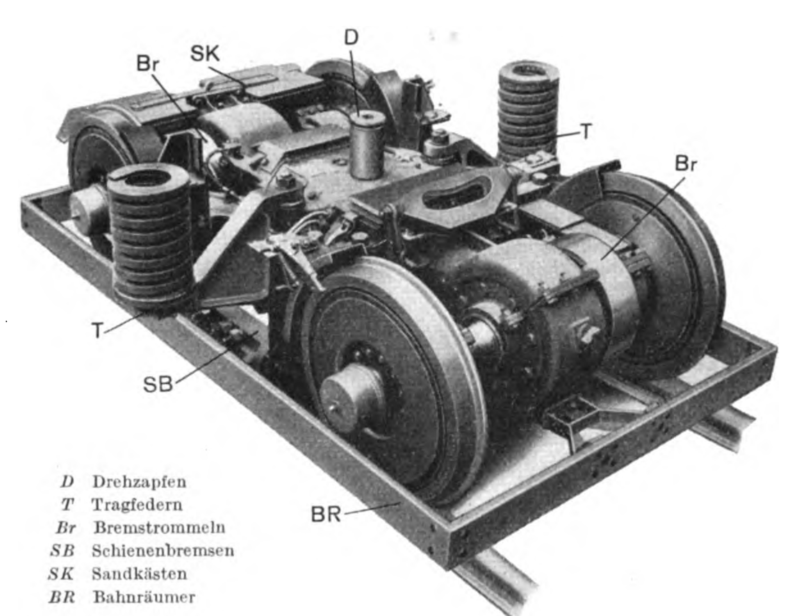


Abb. 3. Motordrehgestell, betriebsfertig zusammengebaut.

Der Motor, ein eigengelüfteter vierpoliger Reihenschlußmotor, hat eine Stundenleistung von 59 kW bei einer Drehzahl von 1080 U/min und einer Klemmenspannung von 550 V. Das Übersetzungsverhältnis der Kegelradgetriebe beträgt 1 : 4,92, der Durchmesser der Triebräder 660 mm. Hieraus ergibt sich für einen Wagen mit zwei Drehgestellen eine Stundenzugkraft von 1500 kg bei 27 km/h. Abb. 3 zeigt das vollständig zusammengebaute Drehgestell mit den beiden Tragfederarmen *T*, dem Drehzapfen *D*, den seitlich aufgehängten Schienenbremsen *SB*, den Sandkästen *SK* und dem Bahnräumer *BR*. Die Drehgestelle sind mit Backenbremsen mit besonderen Bremstrommeln *Br* ausgerüstet. Das Drehgestell hat ein Gesamtgewicht von nur 3000 kg, während ein Drehgestell mit Kastenrahmen und zwei Tatzlagermotoren entsprechender Leistung 3800 kg wiegt.

Der einwandfreie Lauf der Getriebe setzt natürlich eine außerordentlich genaue Bearbeitung des Motorgehäuses und der Lagerschilde voraus. Die Betriebserfahrungen, die mit den Drehgestellen gemacht wurden, haben jedoch gezeigt, daß der Verschleiß an Lagern und Getrieben, deren Schmiermittel nur bei der jährlichen Hauptüberholung erneuert werden muß, außerordentlich gering ist. Da bei den Großraumwagen der Essener Straßenbahnen Gummipolsterung nicht nur in den Rädern, sondern auch in den oberen Tragfederlagern und in der Drehzapfenführung geliefert bzw. in Auftrag gegeben worden ist, sind diese Wagen, von denen in letzter Zeit 40 weitere beschafft wurden, hinsichtlich des geräuscharmen Laufes kaum zu übertreffen[4].

Zum Schluß sei noch auf ein früher[5]) beschriebenes Drehgestell hingewiesen, das in der Schweiz für Triebwagen der Biel-Meinisbergbahn gebaut wurde und den Namen Simplex-Drehgestell trägt. Es wurde aus dem oben beschriebenen Drehgestell entwickelt und unterscheidet sich von diesem durch höhere Motorleistung und dadurch, daß die Achse *B* wegen des größeren Wagengewichts gegen den Drehgestellkörper gefedert ist, wobei ein Federradantrieb auf dieser Seite notwendig wurde. Auf Gummipolsterung wurde bei den Simplex-Drehgestellen verzichtet.

Zusammenfassung.

Es wurde gezeigt, daß der vierachsige Straßenbahnwagen, der unbestritten die besten Laufeigenschaften hat, durch Verwendung von rahmenlosen Drehgestellen mit gekuppelten Achsen ebenso leicht wie ein Zweiachser mit gleicher Platzzahl gebaut werden kann, und daß der Wagen die gleiche Anfahrbeschleunigung bzw. Bremsverzögerung wie ein zweimotoriger Zweiachser erreichen kann, trotzdem er nur mit zwei Fahrmotoren ausgerüstet ist.

[4]) W. Prasse, Verkehrstechnik 19 (1938) S. 521.
[5]) ETZ 60 (1939) H. 5, S. 141.

Elektrische Verschiebelokomotiven.

DK 621.335.3

Eine neuere Gleichstrom-Verschiebelokomotive der französischen Staatsbahnen der Bauart C C, 20 t Achsdruck, Geschwindigkeit im Verschiebedienst 2 bis 12 km/h, Gesamtmotorleistung 350 kW wird beschrieben[1]). Die niedrige Motorleistung und geringe Geschwindigkeit gaben Veranlassung, an Stelle des sonst üblichen Tatzlagerantriebs mit einem Motor je Treibachse hier nur zwei Tatzlagermotoren je Drehgestell zu wählen, und die drei Achsen jedes Drehgestells durch Stangen zu kuppeln, um den größtmöglichen Haftwert zu erreichen. Regelung der Fahrmotoren durch Widerstände ist vermieden, dafür ist ein Spannungsumformer vorgesehen. Er besteht aus einem Verbundmotor, der an der Fahrleitungsspannung liegt und einen Gegenverbundgenerator antreibt. Die Anker der 4 Fahrmotoren liegen in Reihe. Die Motorfelder werden durch eine besondere Hilfserregermaschine gespeist, die vom Hochspannungsmotor mit angetrieben wird, und deren Erregung teils durch den Strom des Hochspannungsmotors, teils durch eine fremderregte, regelbare Nebenschlußmaschine erfolgt. Es ist damit möglich, die Maschine bis zum Stillstand durch Stromrückgewinnung abzubremsen. Die gesamte elektrische Ausrüstung und ihre Schaltung werden eingehend beschrieben. Die Regelgeräte werden verhältnismäßig leicht, da die ganze Regelung in den Nebenschlußkreisen des Umformers und der Fahrmotoren erfolgt. *Tf.*

[1]) M. Petitmengin, Rev. gén. Chem.-de-Fer 58 (1939) S. 307.

Digitized by Google

Schutzgase im Elektroofen-Betrieb.

(Mitteilung aus dem Forschungsinstitut der AEG.)

Von F. Pawlek, Berlin.

(*Schluß von S. 1448.*)

DK 621.365.004.1

Das Schutzgasglühen.

Das Blankglühen von Eisen bereitet keinerlei Schwierigkeiten mit unvollkommen verbranntem Leuchtgas bzw. Propan, wenn nur die Verhältnisse zwischen Wasserdampf und Wasserstoff bzw. Kohlensäure und Kohlenoxyd richtig gewählt werden. Bei einem Mischungsverhältnis von Leuchtgas zu Luft zwischen 1 : 1,8 und 1 : 2,5 ist diese Bedingung erfüllt. Jedoch hat man es in den seltensten Fällen mit reinem Eisen zu tun, sondern eine häufige Glühoperation ist das Normalisieren von Stahl. Wesentlichste Forderung hierbei ist ein nicht entkohlendes Glühen, weshalb wir uns zuerst kurz mit der Art der entkohlenden Reaktionen beschäftigen wollen; es sind die Reaktionen

$$C + H_2O = CO + H_2 \text{ und } C + CO_2 = 2\,CO.$$

Es sei hier noch kurz darauf hingewiesen, daß die Wirkung von Wasserdampf und Kohlensäure im Hinblick auf die Entkohlung weitaus stärker ist als die Einwirkung des Luftsauerstoffes. Der Luftsauerstoff bildet bei dem Eisen eine fest haftende Schicht von Eisenoxyd, welche den Zutritt von Sauerstoff stark behindert. Wird hingegen mit Schutzgas geglüht, so entfällt die schützende Wirkung des Zunders, und die Entkohlung kann ungehemmt fortschreiten; ihre Geschwindigkeit ist nur bestimmt durch die Diffusionsgeschwindigkeit des Kohlenstoffes im Eisen. Um eine Entkohlung zu vermeiden, muß die Einwirkung des Wasserdampfes bzw. der Kohlensäure verhindert werden. Auf einfachste, aber auch teuerste Weise geschieht dies durch Verwendung von gespaltenem bzw. unvollkommen verbranntem und scharf getrocknetem Ammoniak. Man kann aber auch die Wirkung dieser schädlichen Bestandteile aufheben durch Zusatz von Kohlenwasserstoffen zum Schutzgas, sei es in Form von Leuchtgas oder Propan. Der wirksame Bestandteil des Leuchtgases, nämlich das Methan bzw. das Propan, zerfällt in der Hitze in Kohlenstoff und Wasserstoff. Dieser Kohlenstoff setzt sich nach obigen Gleichungen um und beseitigt dadurch die Kohlensäure bzw. den Wasserdampf. So ist es möglich, bei 850 ° bis 900 ° Stahl durch Zusatz von einigen Zehntel Prozent Propan oder einigen Prozenten Leuchtgas ohne die geringste Entkohlung zu normalisieren. An dieser Stelle sei auf die Verwendung von Generatorgas als Schutzgas hingewiesen, das von vornherein einige Prozent CH_4 enthält und nach der Entschwefelung sehr gut als nicht entkohlendes Gas benutzt werden kann. Um sicher zu gehen, wählt man den Zusatz der Kohlenwasserstoffe höher, als es die Theorie erfordert. Das Glühgut verrußt dann allerdings etwas; diese Verrußung wird aber nicht unangenehm empfunden, denn bei der nachträglichen Härtung in Wasser oder Öl wird das Stahlstück auf alle Fälle mit einer unansehnlichen Oberflächenschicht versehen. Unterhalb 700 ° ist der entkohlenden Wirkung von Wasserdampf und Kohlensäure kein Gewicht mehr beizulegen, die Entkohlung geht so langsam vor sich, daß sie sich bei den praktisch üblichen Glühzeiten nicht mehr auswirkt. Beim rekristallisierenden Glühen von Stahl sind also keine besonderen Vorsichtsmaßregeln notwendig.

Ein Verfahren, welches sich gut eingeführt hat, ist das Hartlöten von Eisen und Stahl mit Kupfer. Eisenteile, welche miteinander verbunden werden sollen, werden ineinander gesteckt, die Fuge wird mit einem dünnen Kupferdraht belegt und das Werkstück wird dann auf 1100 ° unter Schutzgas erhitzt. Das Kupfer schmilzt und füllt die Fuge vollkommen aus. Handelt es sich um einsatzgehärtete Teile, so ist die Schutzgasatmosphäre durch Zusatz von Propan dahingehend zu verändern, daß keine Entkohlung mehr auftritt. Auch das Auflöten von Hartmetallplättchen auf Werkzeuge ist nach diesem Verfahren ohne weiteres möglich, sofern die Drehmeißel nicht aus einem besonders legierten Stahl bestehen. In diesem Falle ist bei der Wahl des Schutzgases auf die Legierungspartner des Eisens Rücksicht zu nehmen.

Die bis jetzt besprochenen Glühverfahren ließen sich mit Schutzgas, das aus Leuchtgas oder Propan hergestellt war, ohne weiteres durchführen. Das Blankglühen von chromhaltigem, also nicht rostendem Stahl nimmt eine besondere Stellung ein. Das Schutzgas muß kohlenoxydfrei sein, es kommt daher nur die Verwendung von gespaltenem Ammoniak oder Wasserstoff in Frage. Aber auch an die Trockenheit des Gases werden besondere Anforderungen gestellt. Es werden daher Versuche unternommen, um die praktischen Grenzen der Trocknung festzulegen. Da die chromhaltigen Stähle aus metallurgischen Gründen für gewöhnlich rasch abgekühlt werden müssen, war es nur notwendig, den Feuchtigkeitsgehalt des Schutzgases für die entsprechende Glühtemperatur so zu wählen, daß eine Oxydation nicht erfolgte. Die Abkühlung geht im allgemeinen so rasch vonstatten, daß während dieser kurzen Zeit eine sichtbare Oxydhaut nicht zur Ausbildung gelangen kann.

V 2 A-Stahl wurde in einem Schutzgas mit 0,5 g/m³ Wasser bei verschiedenen Temperaturen geglüht. Entsprechend den theoretischen Berechnungen reicht dieser Wassergehalt aus, um bei 1100 ° noch ein Blankglühen zu gewährleisten. Die Probe bei 1000 ° zeigt bereits einen ganz leichten Anlaufschimmer. Je tiefer die Temperatur sinkt, desto stärker und intensiver werden die Anlauffarben. Die Proben wurden ferner in einem Gas mit 0,1 g/m³ Wasser geglüht. Bei allen praktisch vorkommenden Temperaturen ist, wie der Versuch zeigt, ein Blankglühen möglich, obwohl die Theorie bei 700 ° eine Trocknung des Gases bis auf 0,01 g/m³ verlangt. Aber auch ein zehnmal höherer Wassergehalt des Schutzgases reicht nicht mehr aus, um eine sichtbare Oxydhaut herbeizuführen, sobald das Schutzgas am Glühgut vorbeiströmt. Man kann berechnen, daß 0,1 g/m³ Wasser ausreicht, um auf 1 m² V 2 A-Blech eine eben noch wahrnehmbare gelbliche Verfärbung hervorzurufen, falls alles Gas mit der Oberfläche auch wirklich in Berührung kommt. Wenn das Gas strömt, dann ist diese Voraussetzung aber nicht mehr gegeben. Schließlich war es noch interessant, festzustellen, bei welchem Chromgehalt einer Eisenlegierung sich das Anlaufen infolge Chromoxydation durch Wasserdampf bemerkbar macht. Zu diesem Zwecke wurden Legierungen mit 1, 3, 7, 15 und 30 % Cr hergestellt und bei 900 ° in einem Gase mit 0,7 g/m³ Wasser geglüht, eine Menge, die weit unterhalb der Gleichgewichtsbedingungen liegt. Bereits bei einem Gehalt von 3 % Cr macht

Digitized by Google

sich die Oxydation durch einen leicht gelblichen Schimmer bemerkbar. Mit steigendem Chromgehalt wird die Farbe natürlich immer intensiver. Dieses Ergebnis ist beachtenswert im Hinblick auf die Möglichkeit, Hartmetallplättchen mittels Kupfer auf legierte Stähle aufzulöten. Enthalten diese Werkstoffe mehr als 3 % Cr, so wird sich bei der Lötung die Verwendung eines völlig trockenen Schutzgases nicht vermeiden lassen, wenn man auf die lästige Anwendung eines Flußmittels verzichten will.

Die Verwendung von gespaltenem Ammoniak zum Blankglühen von Chromstählen bietet hinsichtlich Apparatur und Preis nicht zu unterschätzende Vorteile, birgt aber die Gefahr der Stickstoffaufnahme des Glühgutes in sich. Es wurde daher eingehend untersucht, ob nicht die Verwendung von gespaltenem Ammoniak die physikalischen und chemischen Eigenschaften von nichtrostendem Stahl beeinträchtigt. Rostversuche an der Atmosphäre ergaben dasselbe Bild. Langsam abgekühlte Proben be-

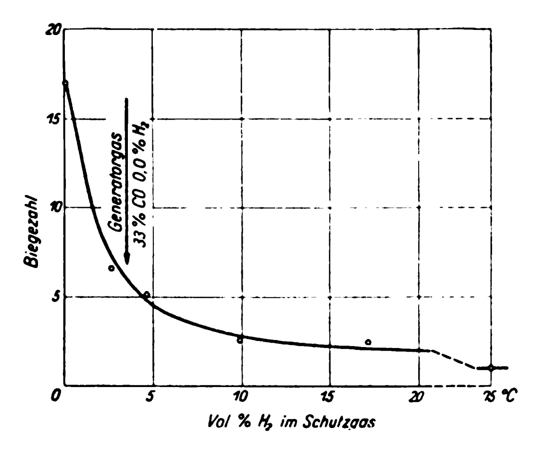


Abb. 9. Brüchigkeit von Kupferdraht (1,5 mm Dmr.) nach dem Glühen bei 600° C in verschiedenen Schutzgasen.

gannen nach etwa 14 Tagen stark zu rosten, die rasch abgekühlten Proben bestanden auch fünf Monate hindurch die Prüfung sowohl in einer Fabrikatmosphäre als auch im Salzsprühnebelgerät. Beim Glühen von chromhaltigen Legierungen sind demnach keinerlei Beeinträchtigungen der Werkstoffeigenschaften durch die Verwendung stickstoffhaltiger Schutzgase zu befürchten. Es ist selbstverständlich, daß die Überlegungen für das Blankglühen von Chromstählen auch für das Glühen eisenfreier Chromlegierungen, z. B. Widerstandsmaterial aus Chromnickel, gelten.

Es soll jetzt das Blankglühen von Kupfer und Kupferlegierungen besprochen werden. Das Kupfer nimmt dabei eine Sonderstellung ein, denn bei diesem ist die Menge und das Reaktionsvermögen der reduzierenden Gase für das Kupferoxydul zu beachten. Glüht man einen Kupferdraht bei 600 ° in Atmosphären mit steigendem Wasserstoffgehalt, so setzt bei verhältnismäßig sehr geringem Wasserstoffgehalt bereits eine erhebliche Schädigung des Kupfers ein. Das Kupferoxydul wird reduziert, der gebildete Wasserdampf sprengt die Korngrenzen des Metalls und lockert so den Zusammenhang der einzelnen Kristalle. Dies ist die sogenannte Wasserstoffkrankheit des Kupfers. Als Folge davon nimmt z. B. die Biegezahl des Drahtes stark ab (Abb. 9). Aber nicht nur Wasserstoff, sondern auch Kohlenoxyd hat eine ähnliche Wirkung; die Gefahr des Brüchigwerdens ist nach dem Glühen im Schutzgas mit 4 % Wasserstoff nicht zu befürchten, wenn man, wie es eigentlich stets möglich sein sollte, die Glühtemperatur unterhalb 500 ° hält (Abb. 10).

Wird das Kupfer legiert, so entfällt durch die desoxydierende Wirkung der Zusätze die Bildung des Kupferoxyduls und damit die Ursache der Wasserstoffkrankheit. Dafür aber ist der oxydierende Einfluß der Schutzgasbestandteile Wasserdampf und Kohlensäure auf die Legierungspartner zu beachten. Während Zinn und Nickel keinerlei Schwierigkeiten bereiten, ist das Zink ein sehr unangenehmer Partner. Es wurde daher ver-

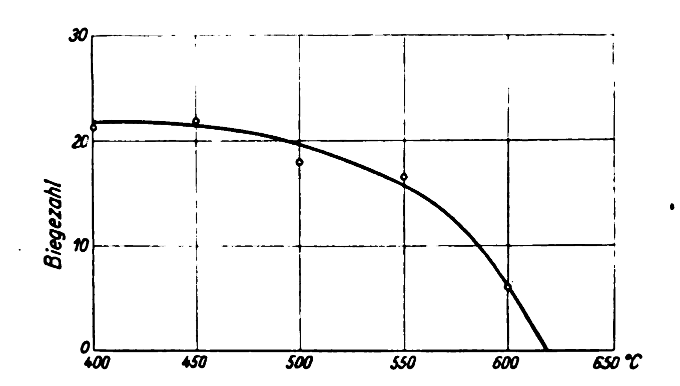


Abb. 10. Brüchigkeit von Kupferdraht (1,5 mm Dmr.) nach dem Glühen bei steigender Temperatur in einem Schutzgas mit 4% Wasserstoff.

sucht, die praktische Grenze der Angreifbarkeit durch einen Versuch festzulegen. Zu diesem Zwecke wurde das Schutzgas aus Leuchtgas-Luft durch geschmolzenes Zink bei 600 ° geleitet. Man konnte sicher sein, daß das erhaltene Schutzgas dann nicht mehr mit dem Zink reagieren wird.

Zahlentafel 2. Gleichgewicht zwischen Zinkdampf von 600° C und Schutzgas.

Schutzgasanalyse

	H_2	CO	CO_2	N_2	H_2O g/m³	S g/m³
Eintritt	19.4	12,6	4.2	63,8	15.5	0.09
Austritt	21.0	12.4	4.1	62.5	0.1	-

Gleichgewichtsverhältnisse

	CO/CO_2	H_2/H_2O	H_2/H_2S
berechnet	11 500	20 000	50 000 000
gefunden	3	210	sehr groß

Die Zahlentafel 2 bringt eine Zusammenstellung der Gasanalysen bzw. der Gleichgewichtsverhältnisse vor und nach dem Durchgang des Gases durch das Zink. Verändert wurde der Wasserdampfgehalt von 15 g/m³ auf 0,1 g/m³, der Schwefel wurde vollständig beseitigt. Das Verhältnis Kohlenoxyd/Kohlensäure und auch das Verhältnis Wasserstoff/Wasserdampf bleibt noch weit hinter den theoretisch geforderten Verhältnissen zurück. Nur der Schwefel fügt sich einigermaßen den theoretischen Forderungen. Für die Praxis bedeutet das, daß beim Blankglühen von Zinklegierungen unter Umständen auch das billige Schutzgas aus Leuchtgas verwendet werden kann, wenn es gut entschwefelt und scharf getrocknet wird. Eine wichtige Rolle beim Blankglühen von Messing spielt aber noch die Zinkverdampfung. Durch geeignete Wahl des Schutzgases ist es möglich, eine metallisch saubere Oberfläche zu erhalten; dies bedeutet aber nicht ohne weiteres eine metallisch blanke Oberfläche, da infolge des hohen Zinkdampfdruckes das Zink bereits bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen zu verdampfen beginnt und eine rauhe Oberfläche hinterläßt.

Praktische Glühversuche bei 600 ° wurden mit den Werkstoffen Kupfer, Nickel, Aluminiumbronze, Zinnbronze und 90er Tombak in verschiedenen Glühatmosphären vorgenommen. Das Glühen im Vakuum ändert natürlich an dem Aussehen der Proben nichts. Ungereinigtes Schutzgas aus Leuchtgas verfärbt besonders Kupfer und Tombak. Hier macht sich der Einfluß des Schwe-

Digitized by Google

fels deutlich bemerkbar. Wird das Schutzgas aber völlig entschwefelt, so unterscheiden sich die Proben nicht von den im Vakuum geglühten. Bei diesen Legierungen ist kein besonderes Augenmerk auf Trocknung des Schutzgases zu legen.

Beim Glühen von zinkreicheren Legierungen im Vakuum sind die Folgen der Zinkverdampfung bei Neusilber schwach, bei den zinkreichen Messingsorten bereits recht stark sowohl durch Mattwerden als auch durch Änderung des Farbtones von gelb auf rot zu erkennen. Glühen im scharf getrockneten gespaltenen Ammoniak verschiebt das Mattwerden der Oberfläche zu höheren Zinkgehalten infolge Herabsetzung der Verdampfungsgeschwindigkeit des Zinks. Ungereinigtes Schutzgas verfärbt die Werkstoffe recht heftig infolge Wasser- und Schwefelangriffs. Wird das Schutzgas aber entschwefelt und getrocknet, so ist es dem gespaltenen Ammoniak ebenbürtig. Durch geeignete Wahl und Aufbereitung der Glühatmosphäre läßt sich eine metallisch saubere Oberfläche des Glühgutes erreichen, jedoch wird die Oberfläche matt infolge der Zinkverdampfung. Durch chemische Maßnahmen läßt sich diese nicht verhindern, durch physikalische Maßnahmen jedoch auf ein erträgliches Maß einschränken, indem man die Verdampfungsgeschwindigkeit herabsetzt. Praktisch durchführbar ist die Herabsetzung der Verdampfungsgeschwindigkeit durch Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit des Schutzgases; je weniger abtransportiert wird, desto weniger kann verdampfen.

Der Einfluß der Gasgeschwindigkeit wurde an einem im Durchlaufofen geglühten Band von Messing Ms 63 untersucht. Die Oberseite des Bandes, die dem Gasstrom ausgesetzt war, wurde matt im Gegensatz zur Unterseite, die auf dem Boden des Ofens schleifte und fast gar nichts von ihrem Glanz verloren hatte. Bei Verminderung der Gasgeschwindigkeit wird auch die Oberfläche des Bandes besser. Daß es sich aber in allen Fällen um eine metallische Oberfläche handelt, ist sehr einfach dadurch bewiesen, daß durch kurzes Schwabbeln ohne vorhergehende Beizung die Oberfläche wieder auf Hochglanz zu bringen war. Bei niedrigen Glühtemperaturen ist die Zinkverdampfung bereits so gering, daß sie sich im Aussehen des Glühgutes kaum noch bemerkbar macht. Durch konstruktive Maßnahmen im Ofenbau läßt sich die Forderung nach einer geringen Gasgeschwindigkeit im Ofen auch in der Praxis verwirklichen.

Eine weitere Anwendung für das Blankglühen von kupferhaltigen Legierungen wurde durch folgenden Versuch erprobt. Verschiedenes Halbzeug aus Golddublee, einseitig und doppelseitig plattiert, wurde in Wasserstoff, gespaltenem Ammoniak, gereinigtem und nicht gereinigtem Schutzgas aus Leuchtgas geglüht. Bis auf die Proben, welche in dem schwefelhaltigen Gas geglüht waren, sind die Probestücke nach dem Glühen von den unbehandelten Stücken nicht mehr zu unterscheiden.

Einwirkungen des Schutzgases auf den Heizleiter- und Konstruktionswerkstoff.

Die Hitze- und damit die Zunderbeständigkeit der Werkstoffe beruht darauf, daß sich aus irgendwelchen Legierungsbestandteilen sehr dichte Oxydhäute an der Oberfläche ausbilden, die ein Eindringen des Sauerstoffs und damit die Zunderbildung verhindern. Als in diesem Sinne wirksame Elemente haben sich vor allem Chrom und Aluminium und in untergeordnetem Maße auch das Silizium erwiesen. Es hat seit der Einführung der Schutzgase in den Elektroofenbetrieb nicht an Versuchen gefehlt, um das Verhalten der bisher bewährten hitzebeständigen Werkstoffe unter diesen geänderten Umständen festzustellen. Um die oxydierenden Bestandteile Kohlensäure und Wasserdampf des Schutzgases brauchen wir uns dabei nicht zu kümmern, denn es ist selbstverständlich, daß eine Beständigkeit gegen Luftsauerstoff auch einen Nichtangriff dieser Gase einschließt. Lediglich die Einwirkung des aus dem Kohlenoxyd oder Methan abgeschiedenen Kohlenstoffs und des Stickstoffs ist dabei zu beachten.

Das bisher am besten bewährte Nickel-Chrom mit 80 % Nickel und 20 % Chrom marschiert auch hier wieder an der Spitze. Stickstoff wirkt praktisch überhaupt nicht ein und Kohlenstoff diffundiert nur sehr langsam durch die schützende Oxydschicht in den Werkstoff hinein. Um Nickel zu sparen, verwendet man auch Chrom-Nickel-Legierungen, welche bei gleichem Chromgehalt das Nickel in mehr oder weniger großem Umfange durch Eisen ersetzt haben. Als handelsüblich kann man dabei zwei Legierungsgruppen unterscheiden: Erstens solche mit 60 bis 65 % Nickel und zweitens solche mit 27 bis 33 % Nickel. Das Eisen bringt nun seine Neigung zur Kohlenstoffaufnahme mit in die Legierung hinein, so daß es sich empfiehlt, bei den höchsten Temperaturen in allen denjenigen Fällen eisenhaltige Werkstoffe zu vermeiden, wo mit einer Kohlenstoffabscheidung aus dem Schutzgas — z. B. beim nicht entkohlenden Glühen von Stahl — gerechnet werden muß. Dasselbe gilt natürlich vom Eisen-Chrom-Nickel-Konstruktionsmaterial, wie es unter dem Namen NCT 3 oder Thermax 11 im Handel ist. Eine besondere Bedeutung kommt heute einer neu entwickelten Werkstoffgruppe zu. Es handelt sich dabei um die völlig nickelfreien, dafür Aluminium enthaltenden Legierungen. Eine kennzeichnende Zusammensetzung ist z. B. folgende: 30 % Cr, 5 % Al, 65 % Fe. Ihre an sich wünschenswerte Verwendung machte zunächst große Schwierigkeiten wegen der ungünstigen mechanischen Eigenschaften, ihrer großen Steifigkeit und Sprödigkeit. Diese Schwierigkeiten sind wohl heute überwunden, es bleibt aber bei ihrer Verwendung sowohl im Schutzgas als auch in oxydierender Atmosphäre noch Vorsicht geboten. Schon beim Glühen an der Luft dringt Stickstoff in den Werkstoff ein und verbindet sich vor allem mit dem Aluminium zu Aluminiumnitrid. Dadurch wird derjenige Legierungsbestandteil gebunden, welcher mit verantwortlich ist für die Ausbildung der undurchlässigen Oxydschicht. Bei eintretender Oxydation ist der Werkstoff daher nicht mehr in der Lage, aus seinem Innern durch Diffusion Aluminium an die Oberfläche zu schaffen, um dort die Oxydschicht zu ergänzen und zu erneuern. Die Folge davon ist ein heftiger Oxydationsangriff. Noch viel stärker erfolgt aber der Stickstoffangriff in nicht oxydierenden Schutzgasen, weil dort die den Stickstoff hindernde Oxydhaut fehlt. Schließlich kommt noch hinzu, daß bei den Aluminium-Chrom-Eisen-Legierungen die aluminiumhaltige Oxydhaut gegen äußere Einflüsse ziemlich empfindlich ist. Das Absetzen von Kieselgur oder Schamottestaub bewirkt durch die Verbindung mit dem Aluminiumoxyd zu einer leicht flüssigen Schlacke ein Verschwinden der schützenden Oxydhaut und damit einen heftigen Lochfraß des Heizelementes, welches alsbald der Zerstörung anheimfällt. Kurz gesagt, die Verwendung von Schutzgas ändert leider nichts an der Tatsache, daß diese Werkstoffe mit großer Vorsicht zu betrachten und zu verwenden sind. Wenn wir bisher hinsichtlich der Reaktionsfähigkeit und der Vorsichtsmaßregeln bei der Verwendung der Heizleiter die Reihenfolge vom eisenfreien Chromnickel über eisenhaltiges Chromnickel zur nickelfreien Aluminium-Chrom-Eisen-Legierung aufstellten, so gilt die umgekehrte Richtung für die Einwirkung eines Bestandteiles, der nach unseren früheren Betrachtungen ebenfalls in verschiedenen Schutzgasen auftreten kann, nämlich gegenüber dem Schwefel. Das Nickel ist gegenüber diesem Element außerordentlich anfällig, daher ist es berechtigt, der Verwendung eines Gases, das Schwefel enthält, mit Vorsicht zu begegnen. Gerade bei dem billigsten und daher am meisten verwendeten halbverbrannten Leuchtgas hat man es, wenn man nicht besondere Reinigungsmaßnahmen vorsieht, stets mit Schwefel zu tun. Diese Gehalte aber liegen weit unter der Grenze der Angreifbarkeit und sind daher zu vernachlässigen. Trotzdem sind aber bei der Einführung des Schutzgases in den Elektroofenbetrieb

Digitized by Google

mehrfach starke Schädigungen der Heizleiter bekannt geworden, die offenbar auf einen Schwefelangriff zurückzuführen waren. In der Abb. 11 ist eine bereits acht Tage nach dem Einbau zerstörte Spirale dargestellt. Die Ursache dieser Zerstörung hatte aber nur indirekt etwas mit dem Schutzgas zu tun. Es stellte sich heraus, daß die beim Ofenbau verwendeten Isolierstoffe oft sehr stark schwefelhaltig waren. Der Wasserstoff des Schutzgases setzte diesen Schwefel zu Schwefelwasserstoff um. War die Ofenkonstruktion außerdem noch so ausgebildet, daß die Heizwendel in Ecken und Nischen oder unter Deckplatten untergebracht waren, so konnte sich in diesen stagnierenden Gasräumen der Schwefelwasserstoff zu hohen, dem Nickel gefährlichen Konzentrationen anreichern. Es erfolgte die Bildung von Nickelsulfid, das bereits einen Schmelzpunkt von etwa 680° hat. Die im Lichtbild zu beobachtenden Auswüchse sind solche geschmolzenen Nickelsulfidtropfen. Der für die Stromleitung wirksame Querschnitt wird dadurch sehr stark geschwächt, und es kommt zum Durchschmelzen des Heizleiters infolge örtlicher Überlastung. Bei Schutzgasbetrieb ist daher weniger auf den geringen Schwefelgehalt des Schutzgases als auf den Schwefelgehalt der Baustoffe zu achten und solche mit zu hohem Schwefelgehalt unbedingt auszuschalten.

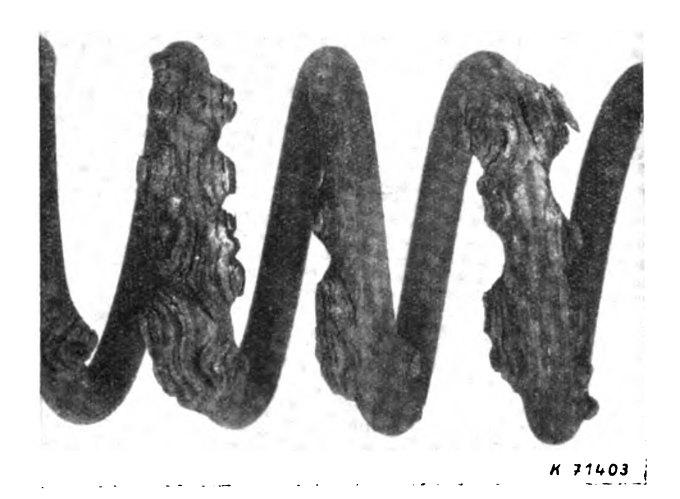


Abb. 11. Durch Schwefelangriff zerstörte Heizwendel aus Chrom-Nickel-Draht (20/80).

Zusammenfassung.

Nach einer kurzen Erörterung der Vorzüge einer Wärmebehandlung unter Schutzgas gegenüber dem Glühen an der Atmosphäre werden eingehend die gebräuchlichsten Arten der Schutzgase besprochen und die dazu geeigneten Erzeugungsvorrichtungen in Abbildungen wiedergegeben. Die üblichen Schutzgase enthalten Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasserdampf allein oder in Gemischen sowie gelegentlich als Verunreinigung Schwefelwasserstoff. Für die für die Metalle schädlichen Gase Kohlensäure, Wasserdampf und Schwefelwasserstoff werden die Gleichgewichte mit den am häufigsten verwendeten Metallen berechnet und die sich daraus ergebenden Grenzen der Anwendbarkeit gezogen. Die praktische Durchführung des Blankglühens wird für das Glühen von Eisen, das nicht entkohlende Normalisieren und Härten von Stahl, das Glühen von nichtrostendem Stahl sowie von Kupfer und Kupferlegierungen eingehend besprochen. Zum Schluß wird die Wechselwirkung zwischen Heizleiterwerkstoff und den Bestandteilen der Schutzgase erörtert. Auf die Bildung des sehr gefährlichen Schwefelwasserstoffes aus schwefelhaltigem Mauerwerk des Ofens durch Einwirkung von Wasserstoff des Schutzgases und die darauf zurückgeführte Zerstörung der Heizwendel wird besonders hingewiesen.

Das Blankglühen im Fließofen.

DK 621.785.344 : 621.365.413

Die Konstruktion des Fließofens bedingt beim Blankglühen im allgemeinen einen wesentlich höheren Schutzgasverbrauch als der Muffel- oder Haubenofen, daher spielt die Frage der Kosten und der Erzeugungsmöglichkeit der Schutzgase eine erhebliche Rolle bei dieser Ofenbauart[1]). Es wird die Zusammensetzung und der Herstellungspreis der gebräuchlichen Schutzgase: Unvollkommen verbranntes Leuchtgas, unvollkommen verbranntes Propan, unvollkommen verbranntes und gespaltenes Ammoniak sowie Wasserstoff angegeben. Hinsichtlich der Kosten scheiden zunächst Wasserstoff und gespaltenes Ammoniak für den Fließofen aus. Es werden die Apparate zur unvollkommenen Verbrennung von Leuchtgas und Propan beschrieben und in Abbildungen gezeigt. Durch Wahl des Mischungsverhältnisses von Gas zu Luft läßt sich die Schutzgaszusammensetzung in verhältnismäßig weiten Grenzen verändern. Auf Grund von Gleichgewichtskurven wird kurz angegeben, welche Grenzen im Falle des Blankglühens von Eisen hinsichtlich des Verhältnisses Wasserstoff zu Wasserdampf (10 : 1) und Kohlensäure zu Kohlenoxyd (1 : 1) gewahrt bleiben müssen. Eine Entkohlung von Stahl während des Blankglühens läßt sich durch Zusatz von Leuchtgas oder Propan zum Schutzgas verhindern. Für manche Zwecke ist ein sehr schwefelarmes Gas erwünscht, es muß daher der Schwefel des Leuchtgases in einer besonderen Anlage, welche schematisch wiedergegeben ist, entfernt werden.

Durch entsprechende Wahl des Mischungsverhältnisses von Luft und Ammoniak läßt sich durch Verbrennung über einem Kontakt jeder beliebige Wasserstoffgehalt des Schutzgases von 0 bis 30% und durch geeignete Trocknungseinrichtungen der Feuchtigkeitsgehalt des Gases von 20 bis 0,1 g/m^3 Wasser erzielen. Dadurch ist die Anwendungsmöglichkeit dieses Gases sehr erweitert. Fast wasserstofffreies Gas wird für das Glühen feinster Kupferdrähte benötigt. Mit wasserstoffreichem, aber scharf getrocknetem Gas läßt sich z. B. auch Messing blankglühen, jedoch ist hier unter blank nur eine metallisch saubere, nicht aber eine glänzende Oberfläche zu verstehen, da die bei höheren Temperaturen auftretende Zinkverdampfung eine Aufrauhung der Oberfläche des Glühgutes bedingt. Selbstverständlich ist dieses Gas auch für das Blankglühen der verschiedensten Eisen- und Stahlsorten geeignet. Ferner wird eine Anlage zum Spalten von Ammoniak gezeigt und besprochen; dieses Gas ist hauptsächlich für die Anwendung in Haubenöfen gedacht.

Das Schutzgas aus unvollkommen verbranntem Ammoniak wird im allgemeinen für den Fließofenbetrieb zu kostspielig werden; seine Anwendung kann aber wegen der besonderen Reinheit oft erwünscht sein. Deshalb hat man eine Rückgewinnungsanlage erdacht, die den Gesamtgasverbrauch auf etwa $^1/_{10}$ herabsetzt. Dem aus dem Ofen abgesaugten und durch Sauerstoff verunreinigten Gas wird gespaltenes Ammoniak zugesetzt, der Sauerstoff an Wasserstoff gebunden und nach scharfer Trocknung ist das Gas wieder verwendungsfähig.

Zum Schlusse werden noch 3 Arten von Blankglühöfen gezeigt. Ein Förderbandofen zum Hartlöten mit Kupfer mit einem Querschnitt von 100 × 200 mm^2, ein größerer Förderbandofen mit einem Querschnitt von 200 × 500 mm^2 und schließlich ein großer Stoßofen mit 1000 × 500 mm^2 Querschnitt und 440 kW Anschlußwert. *Ptk.*

---

[1]) G. Simon, Elektrowärme 9 (1939) S. 69.

Digitized by Google

AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT.

Die Bremsfeldanfachung.

Von W. Kleinsteuber VDE, Berlin.

DK 538.561 : 621.385.37 : 621.3.029.63/.64

Übersicht*). Es wird eine Darstellung der Vorgänge und der Möglichkeiten bei der Bremsfeldanfachung von Dezimeterwellen gegeben.

1. Einleitung.

Im Anschluß an den Aufsatz von F. W. Gundlach [4][1]) soll hier eine besondere Anfachung von Dezimeter- und Zentimeterwellen betrachtet werden. Der zu besprechende Generator zeichnet sich dadurch aus, daß die Laufzeit der Elektronen, die Zeit also, während der sich das Elektron im hochfrequenten Feld befindet und seine kinetische Energie an dieses abgeben kann, größer ist als die Dauer einer hochfrequenten Schwingung.

Für die Beurteilung der Wirkung eines Röhrengenerators ist vor allem das Verhältnis vom Wechselstrom, der vom Generator in den angeschlossenen Schwingkreis fließt (Generatorstrom), zur Wechselspannung wichtig. Aus der Phase zwischen Strom und Spannung ist zu sehen, ob und wie stark der Generator anfachen kann oder ob er für bestimmte Gleichspannungen nur dämpft. Es wird sich zeigen, daß die Phase vor allem von der Gleichspannung abhängig ist und daß praktisch jede Frequenz erregt werden kann, wenn man den passenden Schwingkreis, der die Frequenz bestimmt, an den Generator schließt.

Dieses Ergebnis steht in Gegensatz zu der ursprünglichen Vorstellung eines Bremsfeldgenerators, nach der, wie die Entdecker dieser Schwingung, Barkhausen und Kurz, glaubten, die Elektronen um das stark positive Gitter hin- und herpendelten, wobei die Frequenz unabhängig von einem angeschlossenen Schwingkreis durch die Laufzeit entsprechend den benutzten Gleichspannungen gegeben sein sollte (Elektronenschwingung). Die ursprüngliche Barkhausen-Kurz-Formel, die aus der eben genannten Voraussetzung abzuleiten ist,

$$\lambda^2 \, U_g = \text{konst.}, \tag{1}$$

λ Wellenlänge der hochfrequenten Schwingung,
U_g Gittergleichspannung,

ist, wie sich zeigen wird, in Wirklichkeit nur roh erfüllt.

Auch die unter der gleichen Voraussetzung der Elektronenpendelung betrachteten Erweiterungen von Scheibe auf das Zylinderfeld sind in der gleichen Weise in der Gültigkeit beschränkt.

Während auf den Bau und die Eigenschaften des frequenzbestimmenden Kreises hier nicht weiter eingegangen werden soll, sei betont, daß bei dem konstruktiven Aufbau der Kombination eines solchen Schwingungskreises und einer derartigen Röhre zu beachten ist, daß unerwünschte Sprungstellen des Wellenwiderstandes, unsaubere Übergänge sowie jegliche sekundär gekoppelten und gegebenenfalls strahlenden Schwingungen vermieden werden; d. h. es ist wichtig, möglichst einen geschlossenen Schwingraum zu nehmen, in dem die anfachende Elektronenströmung organisch eingebaut ist.

Die Behandlung des Bremsfeldgenerators ist deswegen besonders interessant, weil hierbei die rechnerischen Ergebnisse, die von der üblichen Hochfrequenztheorie abweichen, an dem experimentellen Befund geprüft werden können.

2. Voraussetzungen.

Der Sonderfall, der hier behandelt werden soll und der analoge Zusammenhänge liefert, wie sie bei F. W. Gundlach als Gl. (34) wiedergegeben sind, setzt eine Triode voraus, bei der das Gitter gegen die Kathode stark positiv ist, z. B. 100 und mehr Volt Spannung gegen diese besitzt und die Anode negativ gegen die Kathode ist, weshalb man die Anode zweckmäßigerweise als Bremselektrode bezeichnet. Die Wechselspannung soll nur zwischen Gitter und Bremselektrode vorhanden sein; an diese beiden Elektroden soll also der frequenzbestimmende Schwingkreis angeschlossen sein. Diese Voraussetzung rechtfertigt sich durch die Tatsache, daß gerade bei solchen Röhren größere Schwingleistungen erzielt worden sind. Doch können andere Fälle, z. B. daß die Wechselspannung zwischen Kathode und Gitter liegt, grundsätzlich ebenso behandelt werden.

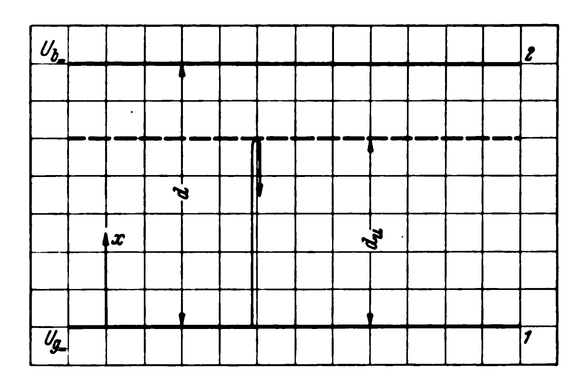


Abb. 1. Bewegung des Elektrons zwischen Gitter (Elektrode 1) und Bremselektrode (Elektrode 2).

Je nach dem Aufbau des Gitters mit weiten oder engen Maschen werden die Elektronen nach der Umkehr im Gitter-Bremselektrodenraum durch das Gitter zum zweitenmal hindurchgehen oder von diesem aufgefangen werden. Die erstere Voraussetzung, daß die Elektronen ein zweitesmal durch das Gitter hindurchgehen, ist von Alfvén [1] theoretisch untersucht und mit den Ergebnissen, die Collenbusch an dem Kohlschen Rohr gefunden hat, verglichen worden, wobei sich eine befriedigende Übereinstimmung der grundsätzlichen Erscheinung zwischen Experiment und Theorie ergab.

Den Rechnungen leichter zugänglich ist jedoch die andere Voraussetzung (Abb. 1), daß die Elektronen von der Kathode zum Gitter durch das Gitter hindurchtreten, im Gitter-Bremselektrodenraum im Abstand d_u vom Gitter

*) Nach einem Vortrag, gehalten am 25. 5. 1939 in der Arbeitsgemeinschaft „Hochfrequenztechnik" des VDE Bezirk Berlin.

[1]) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Schrifttumverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.

Digitized by Google

umkehren und bei ihrer Rückkehr von diesem aufgefangen werden. Diese Voraussetzung ist sicher erfüllt bei den Versuchen, die hier zugrunde gelegt werden.

3. Generatorstrom.

Unter dieser Voraussetzung läßt sich angeben, welcher Strom i_{ge} bei einer vorgegebenen Wechselspannung $U_\sim \sin \omega t$ von den Elektroden aus dem Elektronengenerator in den Schwingkreis, beispielsweise ein Lechersystem, fließt. Diese Rechnungen sind von Bakker und de Vries [2] erstmalig unter der Annahme veröffentlicht worden, daß die Elektroden parallele Ebenen sind. Die Bewegung der Elektronen ist in Abb. 1 angedeutet. Sie ist aus den Gleichspannungen $U_{g=}$ (Gitterspannung), $U_{b=}$ (Bremselektrodenspannung) und aus der Wechselspannung $U_\sim \sin \omega t$ bei gegebenem Elektrodenabstand d zu berechnen, was besonders einfach ist, wenn die gegenseitige Abstoßung der Elektronen vernachlässigt wird.

Der Gleichstrom $i_=$, der von der Kathode durch das Gitter in den Gitter-Bremselektrodenraum eintritt, kehrt als Wechselstrom zum Gitter zurück, da wegen der mit der Schwingdauer T zu vergleichenden Laufzeit die Elektronen je nach Eintrittsphase verschieden beschleunigt oder gebremst werden. Dies ist jedoch nicht der Strom, der uns interessiert. Der Strom, der von den Generatorelektroden in den Schwingkreis fließt, ist von der Bewegung eines einzelnen Elektrons zwischen den Elektroden *1* und *2* abhängig. Eine Ladung q zwischen den Platten *1* und *2* an irgendeinem Punkt im Abstand x von der Elektrode *1* wird auf den Platten eine Ladung influenzieren, nämlich auf der Platte *1* die Ladung $\frac{(d-x)}{d}\,q$ und auf der Platte *2* die Ladung $\frac{x\,q}{d}$ entsprechend dem Verhältnis der Abstände des Elektrons zu den Platten *1* und *2*. Verschiebt man nun die Ladung q von einem Punkt x_1 zu einem Punkt x_2, so ändert sich die Ladung auf den Platten. Es fließt also Ladung zu oder ab. Und dieser Strom ist gerade der Strom i_{ge}, der vom Generator in den Schwingkreis fließt. Da der Strom die Ladungsänderung je Zeiteinheit ist, so wird also von der Platte *1* der Strom $\frac{q}{d}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ abfließen und zur Platte *2* ein entsprechender Strom zufließen.

Nun kennt man aber schon die Bewegung eines Elektrons, also die Geschwindigkeit $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ und damit auch den Anteil, den jedes Elektron zum Generatorstrom liefert. Man braucht also nur für jeden Zeitaugenblick diesen Strom über alle Elektronen, die sich zwischen den Platten *1* und *2* befinden, zu integrieren.

Die Rechnungen lassen sich am einfachsten ausführen, wenn man annimmt, daß das Wechselfeld im Vergleich zum Gleichfeld sehr klein ist, daß also die Störung der einzelnen Elektronenbahnen durch die Wechselspannung $U_\sim \sin \omega t$ klein bleibt. Das entspricht etwa Verhältnissen von $\frac{U_\sim}{U_{g=} - U_{b=}}$ bis zu 0,25. Dann läßt sich der Generatorstrom $\bar{I}_{ge}$ in Vektorform durch eine einfache Gleichung[2]) darstellen.

$$\left.\begin{aligned} I_{ge} &= \frac{4\,i_=\,U_\sim}{\frac{m}{q}\,\omega^2 d^2}\left\{\begin{array}{l} -\sin\alpha\,(\alpha\cos\alpha - \sin\alpha) \\ \mathrm{j}\cos\alpha\,(\alpha\cos\alpha - \sin\alpha)\end{array}\right\} \\ &= \frac{U_\sim}{R_{ge}} + \frac{U_\sim}{\mathrm{j}\,\omega L_{ge}}, \\ \frac{1}{R_{ge}} &= \frac{-4\,i_=}{\frac{m}{q}\,\omega^2 d^2}\sin\alpha\,(\alpha\cos\alpha - \sin\alpha), \\ \frac{1}{\omega L_{ge}} &= \frac{4\,i_=}{\frac{m}{q}\,\omega^2 d^2}\cos\alpha\,(\alpha\cos\alpha - \sin\alpha); \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

[2]) Vgl. Gl. (36. 37) bei Gundlach [4]. Der Winkel $\alpha/_2$ dort ist identisch mit dem Winkel α hier, entsprechend der hin- und hergehenden Bewegung beim Bremsfeld.

τ ist die durch die Gleichspannungen gegebene Laufzeit vom Gitter zur Umkehrstelle, $\omega\,\tau = \alpha$.

Der Strom i_{ge} hat also eine Komponente $\frac{U_\sim}{R_{ge}}$, die mit der Wechselspannung in Phase oder um 180° phasenverschoben ist (Wirkstrom), und eine Komponente $\frac{U_\sim}{\omega L_{ge}}$ die um 90° gegen die Wechselspannung verschoben ist (Blindstrom). Beide Komponenten sind übrigens von gleicher Größenordnung. Der Generator läßt sich durch die Ersatzschaltung (Abb. 2) als eine Parallelschaltung des

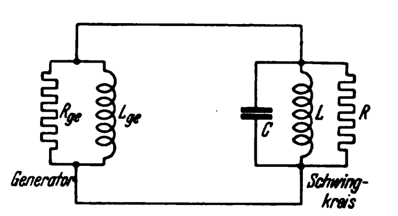


Abb. 2. Ersatzbild des Bremsfeldgenerators in Zusammenarbeit mit dem Schwingkreis.

reellen Widerstandes R_{ge} und des Blindwiderstandes $\mathrm{j}\,\omega L_{ge}$ darstellen, die auf einen Schwingkreis wirkt.

Erweitert man diese Rechnung auf ein zylindrisches Feld, so kann man in guter Annäherung den Abstand d ersetzen durch den Ausdruck $r_1 \ln r_2/r_1$, wobei r_1 der Gitterradius und r_2 der Bremselektrodenradius ist.

Die Leitwerte $\frac{1}{R_{ge}}$ und $\frac{1}{\omega L_{ge}}$ sind in Abb. 3 aufgetragen. Man sieht, daß für bestimmte Bereiche von α, die im Bild schraffiert sind, der Widerstand R_{ge} negativ ist; dort wirkt der Bremsfeldgenerator also anfachend.

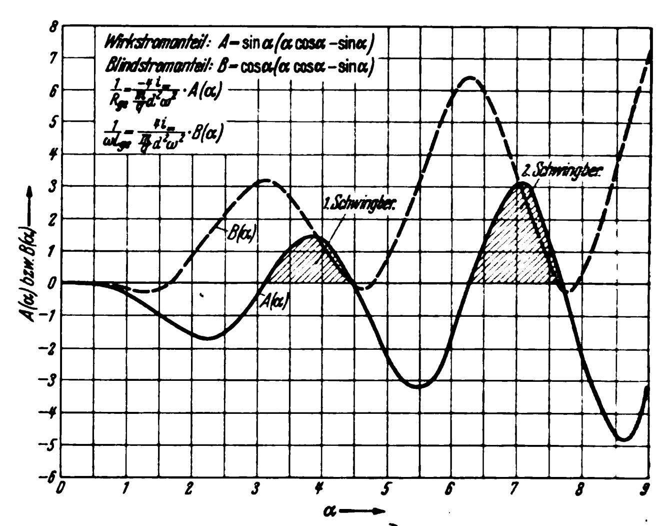


Abb. 3. Abhängigkeit des Ersatzwiderstandes vom Laufwinkel α. [Negatives R_{ge} (Anfachung) schraffiert.]

Der Bereich zwischen $\alpha = \pi$ und $\alpha = 4{,}5$ werde als erster Schwingbereich bezeichnet, der zwischen $\alpha = 2\pi$ und $\alpha = 7{,}72$ als zweiter usw. Der größte Wert $\frac{1}{R_{ge}}$ liegt bei $\alpha = 3{,}87$, bei $\alpha = 7{,}10$ usw. Das liefert z. B. bei $i_= = 30$ mA, $d = 0{,}2$ cm und $\lambda = 15$ cm einen anfachenden Widerstand von 42,5 kΩ bzw. 19,7 kΩ an den Maximalstellen. Der Wert $\alpha = 3{,}87$ entspricht einem Verhältnis der Elektronenlaufzeit für Hin- und Rückweg im Gitter-Bremselektrodenraum zur Schwingdauer $T = 1{,}2$. Entsprechend ist das Ergebnis, wenn man annimmt, daß das Elektron nochmals durch das Gitter geht, wie es Alfvén voraussetzt. Die Barkhausen-Beziehung, Laufzeit gleich

Digitized by Google

Schwingdauer, die identisch mit Gl. (1) ist, kann also nur roh erfüllt sein. Von einer Eigenfrequenz der Elektronenschwingung oder -pendelung kann nicht gesprochen werden.

Die Laufzeit τ vom Gitter bis zur Umkehrstelle hängt nur von den Gleichspannungen $U_{g=}$, $U_{b=}$ und vom Elektrodenabstand d ab:

$$\tau = d\sqrt{\frac{2q}{m}}\,\frac{\sqrt{U_{g=}}}{(U_{g=}-U_{b=})\,\frac{q}{m}} = 3{,}37\cdot 10^{-8}\, d\,\frac{\sqrt{U_{g=}}}{U_{g=}-U_{b=}}. \tag{3}$$

Für festes τ, also auch festes α, erhält man in der $U_{g=}-U_{b=}$-Ebene eine Parabel. Den Grenzwerten der Schwingbereiche, z. B. $\alpha = \pi$, $\alpha = 4{,}5$, entsprechen zwei Parabeln, die einen Bereich umschließen, in dem $R_g < 0$ ist und Schwingungen möglich sein sollten. Außer diesem Schwingbereich gibt es wie in Abb. 3 noch verschiedene andere, so daß ein erster, zweiter usw. vorhanden sind.

Denkt man sich jetzt Elektronenströmung und ein Lechersystem als Schwingkreis zusammengeschaltet, so ist das Lechersystem mit einem komplexen Widerstand abgeschlossen; dieser komplexe Widerstand ist in dem vorhergehenden Abschnitt durch den influenzierten Strom berechnet worden. Es gibt also erstens durch den Blindstrom Verstimmungen des Lechersystems, die jedoch nur klein sind

$$\frac{1}{\omega L_{ge}} + \frac{1}{\omega L} - \omega C = 0 \tag{4}$$

(Frequenzgleichung), und zweitens kann je nach Wahl der Spannungen und damit des Laufwinkels α das Lechersystem be- oder entdämpft werden:

$$\frac{1}{R_{ge}} + \frac{1}{R} < 0 \tag{5}$$

(Anfachbedingung).

4. Vergleich mit der Erfahrung.

Diese Aussage kann experimentell geprüft werden und ist an dem Bremsfeldresotank [3], der bereits bei praktisch ausgeführten Geräten eingesetzt worden ist,

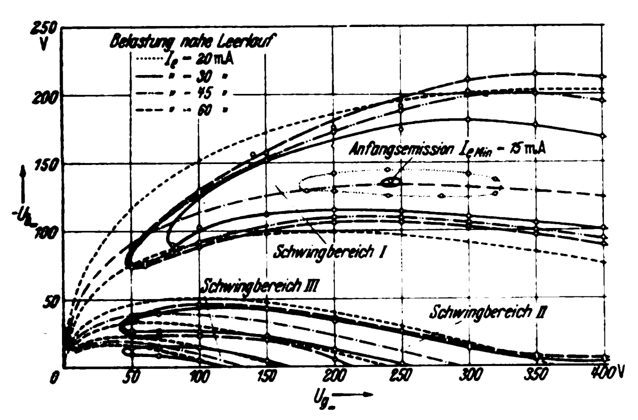


Abb. 4. Schwingbereiche in der ($U_{g=} - U_{b=}$)-Ebene eines Bremsfeldresotanks für $\lambda = 14{,}3$ cm.

bestätigt worden. Durch Versuche kann man die Spannungen $U_{b=}$ und $U_{g=}$, bei denen ein Bremsfeldgenerator schwingt, experimentell aufnehmen und die sogenannten Schwingbereiche bestimmen (Abb. 4); ferner kann man diejenigen Werte von $U_{b=}$ und $U_{g=}$ messen, die zu einer konstanten Frequenz gehören. Anderseits kann man auch nach den Rechnungen diesen Schwingbereich in der $U_{b=}-U_{g=}$-Ebene auftragen. Dann liegen die experimentellen Schwingbereiche ganz in den theoretisch berechneten Bereichen, und die Kurven konstanter Frequenz, die durch $\alpha = \omega\,\tau =$ konst. gegeben werden, die also parallel den Bereichsgrenzen gehen, stimmen gleichfalls mit den theoretischen Kurven überein. In den Gebieten, wo die Theorie einen zusätzlichen, also einen positiven Widerstand R_{ge} liefert, sind keine Schwingungen gefunden worden.

Man erkennt an den experimentellen Kurven, daß sie sich mit abnehmender Kathodenemission zusammenziehen, womit bestätigt wird, daß der anfachende Widerstand um so größer wird, je kleiner die Emission I_e und damit der Strom $i_=$ ist, der durch das Gitter tritt. Hält man $U_{g=}$ in einem Schwingbereich konstant, und ändert man $U_{b=}$, so tritt bei einem bestimmten Wert von $U_{b=}$ ein Maximum der Anfachung auf. Alle diese Maxima liegen wieder auf einer Kurve, die gut mit der Kurve übereinstimmt, die zu dem aus Abb. 3 zu entnehmenden Maximum gehört. In Abb. 4 ist die Verbindungslinie aller dieser Maxima für alle Schwingbereiche strichpunktiert eingezeichnet.

Die einzelnen Schwingbereiche sind voneinander nicht nur durch ihre Lage, sondern auch in ihren hochfrequenten Erscheinungen unterschieden. So kann es vorkommen, daß bei ungünstig gebauten Röhren nur der zweite und dritte oder gar nur der dritte Schwingbereich auftritt, während die vorhergehenden nicht vorhanden sind. Die hohen Schwingbereiche lassen sich also leichter erregen. Betrachtet man die Kurve für den Wirkstrom in Abb. 3, so sieht man, daß der Wirkstrom mit größer werdendem Laufwinkel, also kleiner werdenden Spannungen, im Maximum immer größer wird. Hiernach ist es also selbstverständlich, daß die höheren Schwingbereiche sich besser anfachen. Dabei ist aber zu beachten, daß die Zahl dieser Schwingbereiche begrenzt ist; man kann bisweilen bis zum vierten oder fünften kommen, aber selten höher. Dieses Ergebnis läßt sich nun auch rechnerisch erhalten, wenn man die Raumladung im Gitter-Bremselektrodenraum berücksichtigt. Dann wird zwar im Prinzip an den Kurven nichts verschoben, aber die Zahl der Schwingbereiche ergibt sich als endlich, je nach dem eintretenden Strom $i_=$. Auch wenn man die Last an dem Rohr künstlich besonders hoch wählt, so schwingt nur der zweite oder auch nur der dritte Schwingbereich.

Eine weitere quantitative Prüfung der theoretischen Ergebnisse ist folgende: Der Widerstand des angeschlossenen Lechersystems als Schwingkreis läßt sich aus den Kupferverlusten sehr genau berechnen. Mit den Formeln für den Wirkstrom kann man schließlich dasjenige $i_=$ bestimmen, das einen negativen Widerstand liefert, der gerade gleich dem eben berechneten Verlustwiderstand ist. Das liefert den sogenannten Einsatzstrom für den Leerlauf. Für den ersten Schwingbereich ist der Einsatzstrom zu 8,4 mA berechnet worden, und an einer Zahl von Röhren wurden diese Leerlaufströme gemessen, wobei sie zwischen 7 und 10 mA schwankten. Für den zweiten Bereich ist der berechnete Wert 4,1 mA, die gemessenen Ströme liegen zwischen 3,0 und 5,0 mA.

Eine weitere Prüfung besteht darin, den Frequenzgang des Rohres zu untersuchen, wenn man bei konstantem U_g die Bremselektrodenspannung $U_{b=}$ verändert, so daß man den ganzen Schwingbereich überstreicht. Diesen Gang der Frequenz kann man mit Hilfe des Blindstromes aus den angegebenen Formeln voraussagen. Dabei findet man gleichfalls eine gute Übereinstimmung zwischen den Messungen und der Rechnung. Die Änderung der Frequenz mit der Spannung über die verschiedenen Schwingbereiche beträgt etwa 1 ‰.

5. Große Wechselspannungen.

Die angegebenen Formeln für Wirk- und Blindstrom setzen voraus, daß die Wechselspannung nicht zu groß ist. Berechnet sind die Formeln unter der Voraussetzung, daß die Wechselspannung sogar sehr klein ist gegenüber

Digitized by Google

der Gleichspannung. Doch die Gleichungen gelten auch bis zu Wechselspannungen von etwa 100 V, bei Gitterspannungen von rd. 250 V. Aber schließlich macht sich doch eine Abweichung von den einfachen Formeln bemerkbar, weil bei sehr großen Wechselspannungen die Generatorleistung unterhalb der berechneten bleibt. Den Rechnungsansatz müßte man verallgemeinern, was auch geschehen ist; das Ergebnis ist in Abb. 5 dargestellt. Die Generatorleistung ist für ein bestimmtes Spannungspaar für verschiedene Emissionen $i_=$ über $U_\sim$ bei gegebenem $U_{g=}$ und $U_{b=}$ dargestellt. Dem Bild entnimmt man, daß der Generator eine optimale Leistung bei einer bestimmten Wechselspannung, die ungefähr gleich $(U_{g=} - U_{b=})$ ist, besitzt. In dieses Bild kann man jetzt noch die Leistung eines äußeren Widerstandes R als Funktion von $U_\sim$ zeichnen. Diese Kurve ist eine Parabel entsprechend der Form $\frac{U_\sim^2}{2 R^2}$, wo $U_\sim$ die Amplitude der Wechselspannung ist. Es ist damit sofort klar, daß man das R so bestimmen wird, daß der Arbeitspunkt, der der Schnittpunkt der Generatorcharakteristik mit der Widerstandskennlinie ist, im Maximum der Generatorleistung liegt. Wählt man den Widerstand zu groß, so ist die Widerstandsparabel sehr flach; man bekommt hohe Wechselspannungen, aber kleine Leistungen. Wählt man das R zu klein, so schneidet die Widerstandsparabel die Generatorkurve bei kleinen Wechselspannungen oder liegt überhaupt oberhalb der Generatorkurve. Das Rohr schwingt nur sehr schwach oder schwingt überhaupt nicht. Dazwischen liegt das Optimum. Für ein anderes $i_=$ ist die Leistung entsprechend zu verkleinern oder zu vergrößern. Für andere Gleichspannungen ändert sich die Leistungskurve in verwickelterer Weise.

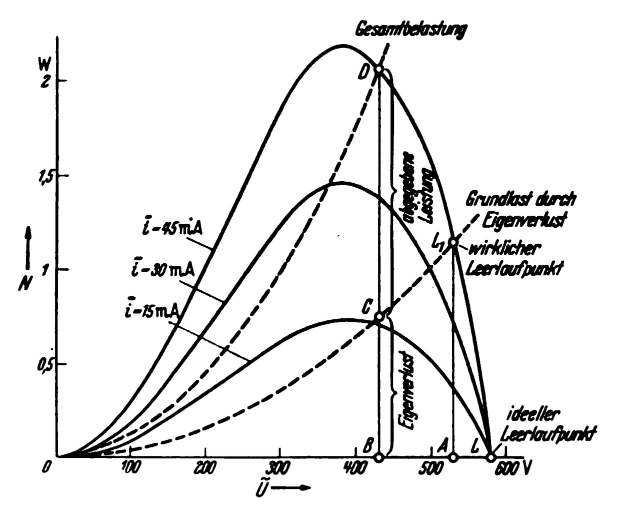


Abb. 5. Berechnete Leistung des Bremsfeldgenerators bei großer Wechselspannung $U_\sim$, für $U_{g=} = 250$ V, $U_{b=} = -150$ V.

Das Bild wird dadurch etwas verändert, daß man von der Generatorkurve, die ohne Berücksichtigung des Schwingkreises berechnet worden ist, noch eine Grundlast, nämlich die Verluste im Schwingkreis oder Hohlraum, abzuziehen hat. Dadurch wird das für die äußere Strahlung verfügbare Leistungsmaximum verkleinert. Unter Berücksichtigung dieser Verluste sind die größtmöglichen Leistungen, die abgestrahlt werden können, bei verschiedenen Emissionen berechnet worden. Damit ist wieder eine experimentelle Prüfung der Rechnung möglich. Auch hier (Abb. 6) ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung. Der Generatorkurve (Abb. 5) entnimmt man, daß der Generator einen Wirkungsgrad von maximal 20 % hat.

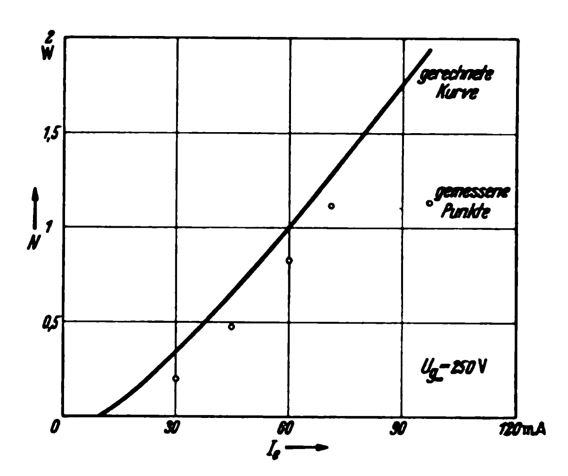


Abb. 6. Berechnete und gemessene abgegebene Leistung des Bremsfeldgenerators.

Berechnet man die Leistungskurve des Generators für den zweiten und die höheren Schwingbereiche, so findet man, daß die Wirkungsgrade bedeutend niedriger sind als im ersten Schwingbereich, so daß es also vom Standpunkt der Leistung richtig ist, im ersten Schwingbereich zu arbeiten.

Zusammenfassung.

Der Bremsfeldgenerator mit gegebenem Elektrodenabstand schwingt bei passender Wahl der Gleichspannung praktisch für alle Frequenzen eines Frequenzbereiches, wobei die Frequenz durch den angekoppelten Schwingkreis bestimmt ist. Eine Eigenfrequenz besitzen die Elektronen bei dem Generator nicht. Der Generator entdämpft maximal einen berechenbaren Widerstand und hat einen optimalen Wirkungsgrad von 20 %. Die experimentellen Ergebnisse stimmen damit gut überein.

Aus dem Schrifttum.

1. H. Alfvén, Investigations on the ultra-short electromagnetic waves, Uppsala Universitets Arsskrift 1934.
2. C. J. Bakker u. G. de Vries, Amplification of small alternating tensions by an inductive actions of the electrons in a radiovalve, Physica 1 (1934) S. 1045.
3. A. Allerding, W. Dällenbach, W. Kleinsteuber, Der Resotank, ein neuer Generator für Mikrowellen, Z. Hochfrequenztechn. 51 (1938) S. 96.
4. F. W. Gundlach, Theoretische Grundlagen der Dezimeterwellentechnik, ETZ 60 (1939) H. 48, S. 1373.

Digitized by Google

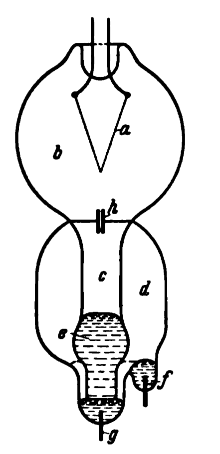
RUNDSCHAU.

Geräte und Stromrichter.

DK 621.318.5

Gasausdehnungs-Elektroschalter.

Die bekannte Eigenschaft von Gasen, ihr Volumen proportional der Temperatur zu verändern, ist in der Physik schon oft benutzt worden um bestimmte Wirkungen zu erreichen. So baute Leslie zum Messen kräftiger Strahlungsquellen, beispielsweise der Sonnenstrahlen, ein Differential-Thermoskop, bestehend aus einer zum Teil mit Äther (oder anderem Stoff) gefüllten U-förmig gebogenen Kapillare, die an beiden Enden eine Hohlkugel trug. Die eine dieser Kugeln war geschwärzt und wurde der Strahlung ausgesetzt, während die andere, die verspiegelt war, im Dunkeln blieb. Wird die schwarze Kugel bestrahlt, so verschiebt sich infolge Volumenänderung des Ätherdampfes in dem einen Schenkel der Flüssigkeitsspiegel. Bei entsprechender Eichung kann man die Größe der Bestrahlung ablesen. Auf gleicher Grundlage beruht auch das strahlungsgesteuerte Ventil nach der Bauart des Quecksilber-Thermometers. Die nächste ähnliche Bauart ist der Sonnenstrahlungs-Zeitmesser nach Dufton, mit dem über ein Relais eine Uhr gesteuert wird[1]). Auch eine neuzeitliche Temperatur-Regeleinrichtung mit elastischer Rückführung ist so gebaut, nur mit dem Unterschied, daß in jedem der erweiterten Schenkelenden eine Heizwicklung liegt, die beide in einer Brückenschaltung benutzt werden. Ein weiterer Schritt ist der Thermoskop-Schalter nach Geffcken und Richter, bei dem das Gas eine Quecksilbersäule verdrängt und hierdurch einen elektrischen Kreis schließt. Hier ist bereits eine Gasdrossel zur Regelung des Druckausgleiches eingebaut, ferner war vorgesehen, daß der im Innern der Gasröhre befindliche Platinkontakt mittels eines Magneten von außen verstellt werden kann.



a Heizdraht
b Gaskammer
c Steigrohr
d Kontaktkammer
e Hg-Füllung
f, g Kontaktelektroden
h Gasdrossel

Abb. 1. Aufbau und Ansicht eines Relais mit Ein- und Ausschaltverzögerung.

1916 wurden nach Angaben von Haagen[2]) Gasausdehnungsschalter mit Quecksilberfüllung gebaut, die vorwiegend zu Regelzwecken bei elektrischen Öfen verwendet wurden. Später bemühten sich Ebbinghaus und Zobel um die Schaffung eines ähnlichen Gerätes für die Relais- bzw. Schalttechnik im allgemeinen. Die Abb. 1 zeigt das von diesen Konstrukteuren vor etwa 3 Jahren entwickelte Gerät.

[1]) Schrifttum bei: H. Geffcken u. H. Richter, Die lichtempfindliche Zelle als technisches Steuerorgan; Berlin 1933.
[2]) DRP. 316 332 und 353 762.

Grundsätzlich besteht es aus einer mit Gas gefüllten Kammer, die eine Drahtwendel enthält, und einer Kammer mit den Kontaktelektroden. Beide Kammern sind durch eine senkrecht stehende Quecksilber-Steigröhre verbunden. Wird der an der Heizwendel liegende Kreis geschlossen, so drückt das sich ausdehnende Gas das Quecksilber aus der Röhre in die Kontaktkammer und schließt den Nutzstromkreis. Beim Öffnen des Steuerkreises wird das Quecksilber in die Steigröhre eingesaugt und der Nutzkreis wieder geöffnet. Die Schaltleistung ist etwa 2 kW bei 220 V.

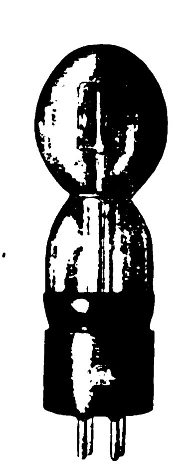


Abb. 2. Elektroschalter aus dem Jahre 1939.

Abb. 2 veranschaulicht den Stand der Entwicklung im Jahre 1939. Die Grundlage ist geblieben, die Form aber verbessert und die Abmessungen so klein gehalten, daß man einen Schalter für 2 kW Schaltleistung in die Westentasche stecken kann. Die Röhren können zu Batterien zusammengestellt werden.

Von Bedeutung ist für die Praxis, daß diese Geräte nicht nur als Kontaktrelais, sondern auch als Verzögerungsrelais hergestellt werden können. In diesem Falle liegt eine Gasdrossel im Steigrohr, die das erhitzte Gas nur allmählich passieren läßt. Man kann also die Relais als einfache Kontaktrelais mit einem oder mehreren Kontakten bauen, ferner als Wischkontakt- und schließlich als Verzögerungsrelais. Die Lebensdauer ist noch nicht genau ermittelt, sie wird aber erheblich größer sein als die eines magnetischen Relais, weil keine Teile vorhanden sind, die einem schnellen Verschleiß unterworfen sind. Störungen durch Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit oder Staub sind ausgeschlossen. Die Leistungsaufnahme ist etwa 10 W (Mittelwert), wobei zu berücksichtigen ist, daß die den Steuerkreis schließenden Kontaktorgane äußerst geschont werden, weil der Kreis induktionsfrei ist. Die Geräte können an Gleich- oder Wechselstrom angeschlossen werden und arbeiten naturgemäß bei der letzten Spannungsart geräuschlos. *fi.*

DK 621.316.925.43

Ein neuartiges Primärüberstromrelais und seine Anwendung. [Nach Ch. Ramelot, Siemens-Z. 19 (1939) S. 127; 3 S., 5 Abb.]

Die Entwicklung der Selektivschutztechnik ist so weit vorgeschritten, daß sie allen an sie zu stellenden Anforderungen bereits in hohem Maße gerecht werden kann. Es ist nun für die Zukunft noch eine wichtige Aufgabe der Entwicklung dieses Gebietes, Vereinfachungen und damit Verbilligungen einzuführen, damit auch an wirtschaftlich weniger tragfähigen Stellen die hochwertigen Schutzsysteme angewendet werden können. Ch. Ramelot beschreibt ein Primärüberstromrelais, das einen bemerkenswerten Beitrag zu dieser Weiterentwicklung darstellt. Das Magnetsystem dieses Relais ist gleichzeitig als Befestigungsschelle ausgebildet, die um einen Isolator, z. B. eine Durchführung, gelegt werden kann. Der von dieser Schelle umgebene Primärleiter stellt ähnlich wie bei einem Stabwandler die Wicklung des Relais dar. Das Relais ist mit einem Druckknopf versehen, der es ermöglicht, eine Betätigung seiner Kontakte für Prüfzwecke von Hand herbeizuführen.

Als Beispiel für die Anwendung dieses Relais wird der Schutz von Stichleitungen, die in größerer Anzahl von einer Unterstation ausgehen, behandelt. Bei derartigen Stichleitungen liegen die Verhältnisse praktisch immer so, daß entweder alle die gleiche Abschaltzeit erhalten können oder aber daß zum mindesten alle Stichleitungen in wenige Gruppen gleicher Abschaltzeit zusammengefaßt werden können. Für eine solche

Digitized by Google

Gruppe ist nur ein Zeitelement erforderlich. Dieses Zeitelement läuft beim Auftreten von Kurzschlüssen an unter dem Einfluß eines Anregegliedes. Dieses Anregeglied kann z. B. in einem Spannungsrückgangsrelais oder auch in einem Überstromrelais[1]) bestehen, welches von dem die Station durchfließenden Strom erregt wird. Das erwähnte Zeitelement gibt nun nach seinem Ablauf Kommando an die jeder Stichleitung zugeordneten Primärüberstromrelais der beschriebenen Art, und diese Relais wählen nun die vom Fehler betroffene Stichleitung aus und führen deren Abschaltung durch. Hierbei ist besonders zu beachten, daß das Primärrelais keine Wandler in den Stichleitungen erfordert. In gewissen Fällen wird es zweckmäßig sein, als Zeitelement ein Impedanzrelais zu verwenden, an welches die Spannung der Sammelschiene der Unterstation angeschlossen ist und welches von dem Summenstrom aller Stichleitungen durchflossen wird. Man kommt so unter Anwendung eines einzigen Impedanzrelais fast in den vollkommenen Genuß der Vorteile eines Impedanzschutzes in jeder Stichleitung. Man erreicht schnellste Abschaltzeiten in unmittelbarer Nähe der Station und lange Laufzeiten bei größeren Entfernungen, wie sie für die Staffelung mit den nachfolgenden Schaltern erforderlich sind. Es wird auch gezeigt, wie in einfacher Weise mit Hilfe des Primärüberstromrelais aufgebaute Schutzschaltungen überwacht und geprüft werden können. *Twt.*

Elektrische Maschinen.

DK 621.314.222.015.1

Allgemeiner Ausdruck der Spannungsverteilung in einlagigen Transformatorwicklungen. [Nach H. Ogawa, Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 43; 2 S.]

In einer früheren Arbeit war bereits ein Ausdruck für die Spannungsverteilung einer einlagigen Transformatorwicklung unter bestimmten Annahmen angegeben worden[2]). H. Ogawa verallgemeinert die früheren Ergebnisse, indem er von den Fourierschen Reihen für die Werte von ohmschem Widerstand, Induktivitäten und Kapazitäten ausgeht und die Laplacesche Transformation anwendet, so daß sich die Hillschen Gleichungen ergeben[3]). Durch Betrachtung der Konvergenzbedingungen und Umformungen lassen sich die Ausdrücke weiter entwickeln und allgemeine Näherungswerte für Strom und Spannung angeben. Während die physikalische Ausdeutung bereits in der ersten Arbeit (s. Fußnote 2) betrachtet wird, werden in dem vorliegenden Bericht die mathematischen Grundlagen und Ergebnisse so weit entwickelt, daß die Abhängigkeit der quasistationären Wellen von Leitung und Induktion abgeschätzt werden kann. Dabei ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung mit den früher angegebenen Werten. Da die exakte Transformation der Gleichungen nur sehr mühsam durchzuführen ist, muß möglichst vereinfacht werden. Wenn die gegebenen Funktionen von induktivem Widerstand und Scheinleitwert eine Form haben, die absolut konvergiert, und wenn die Grundgleichungen periodisch lösbar sind, dann konvergieren auch die beiden quasistationären Wellenarten und ihre Obertöne. Wird die Länge der Wicklung beschränkt (beispielsweise auf 0 bis π) so erscheinen nur ungerade Glieder. *Tsch.*

DK 621.313.322.016.2

Die statischen Leistungsgrenzen von Synchronmaschinen. [Nach Ch. F. Dalziel, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect. S. 93; 10 S., 17 Abb.]

Üblicherweise werden bei der Bestimmung der Stabilität Synchronmaschinen mit Volltrommelläufern zugrunde gelegt, wobei außerdem die ohmschen Verluste und die Sättigung vernachlässigt werden. Der Einfluß der Sättigung und der Pollücken bei den Einzelpolmaschinen ist aber häufig von solcher Bedeutung, daß eine besondere Berechnung begründet erscheint. Die Größe der Höchstleistung im stabilen Bereich wird hierdurch allerdings weniger stark beeinflußt, jedoch machen sich starke Unterschiede im Verlauf von Strom und Leistung über dem Polradwinkel bemerkbar. Statische Grenzen gelten, wenn die Laständerungen so langsam erfolgen, daß die elektrischen und mechanischen Trägheiten sich nicht bemerkbar machen können. Stationäre Verhältnisse liegen vor, wenn der Erregerstrom konstant bleibt, dynamische Verhältnisse, wenn durch geeignete Schnellregler dafür gesorgt wird, daß bestimmte Größen, insbesondere z. B. die Klemmenspannung und die Frequenz, unabhängig vom Belastungszustand konstant gehalten werden. Die statische Grenze wird im allgemeinen erreicht, wenn bei einer geringen Zunahme des Polradwinkels die Leistungsabgabe an den Klemmen oder an der Welle nicht mehr ansteigt. Bei der Zusammenarbeit mehrerer Synchronmaschinen wird das statische Gleichgewicht gestört, sobald die erste aller Maschinen ihre Grenze erreicht. Rückwirkungen von Störungen sollen nicht betrachtet werden, sondern nur die Verhältnisse bei normalen Kraftübertragungen Berücksichtigung finden. Die rechnerische und graphische Untersuchung der stationären Grenzbedingungen wird so durchgeführt, daß man von einer bestimmten Last ausgehend den Polradwinkel erhöht und die Leistungszunahme ermittelt. Sobald eine Maschine ihre Höchstleistung erreicht, ist die Grenze gegeben. Die dynamische Leistungsgrenze findet man, indem man die Leistung über dem Polradwinkel aufträgt und den Schnittpunkt mit dem Maximum der ersten der stationären Kennlinien bestimmt. Die sogenannten Stabilitätsbeiwerte gehen durch Null, sobald die Grenze überschritten wird. Versuche an zwei kleinen Synchronmaschinen, die alleinlaufend unmittelbar oder über ohmsche und induktive Widerstände am starren Netz liefen, oder gemeinsam als Generator und Motor arbeiteten, und zwar bei konstanter oder nachgeregelter Erregung, zeigen eine ausgezeichnete Übereinstimmung der Meßergebnisse mit der Vorausberechnung. Drei Übertragungsleitungen der V.S.Amerika, darunter die Boulder-Dam-Anlage, wurden auf Grund bekannter oder angenommener Werte durchgerechnet und Grenzen für die statische Übertragung gefunden, die praktisch schon im Betrieb unter besonderen Umständen gefahren wurden. Ausführliche Formelangaben und Diskussionsbeiträge ergänzen die Arbeit. *Ng.*

DK 621.313.322-81.044.6 : 621.317.333.4

Fehlersucheinrichtung für Feldspulen von Turboläufern. [Nach J. G. Noest, Power 83 (1939) H. 5, S. 71; 1 S., 2 Abb.]

Liegt bei der Erregerwicklung großer Turbogeneratoren ein Körperschluß vor, so erspart eine geeignete Fehlerortung bisweilen umfangreiche Instandsetzungsarbeiten. Um die Fehlerstelle einzugrenzen, wird zunächst mittels zweier Spannungsmesser der Spannungsabfall zwischen den Schleifringen und dem Läuferkörper bestimmt, wodurch bereits die annähernde Lage der Fehlerstelle hinsichtlich der Entfernung von den Wicklungsenden ermittelt werden kann. Um die Fehlerortung weiter zu treiben, legt man zweckmäßig an die Wellenenden des Läufers einen Prüfgenerator für etwa 6 V, 1000 A und grenzt mittels Prüfspitzen, zwischen die ein Milliamperemeter geschaltet wird, den Fehlerort weiter ein; dabei wird eine Spitze an einen Schleifring, die andere an verschiedene Läuferstellen gesetzt, bis sich ein Nullausschlag ergibt. Durch die hiermit vorgenommene Verfolgung des Feldverlaufes im beschädigten Läufer wird die Fehlerortung erleichtert, so daß dann der entsprechende Schrumpfring der Läuferwicklung abgenommen und die Fehlstelle unter Umständen verhältnismäßig leicht ausgebessert werden kann. Bei verschiedenen Fällen wurden mit dieser Fehlersucheinrichtung gute Ergebnisse erzielt. In einem besonderen Falle wurde der Fehler durch ungleichartige Ausdehnung der Feldspulen verursacht, wodurch die Isolierung an einer Stelle beschädigt und der Körperschluß verursacht wurde. Die schwierige Entfernung der Schrumpfringe wurde durch Anwendung von Trockeneis bei der Instandsetzung erleichtert. *an.*

DK 621.313.333.2 + 621.313.36

Motor mit Doppelkäfigläufer und Wechselstrom-Kommutatormotor. [Nach Electr. Tms. 95 (1939) S. 483; 2 S., 9 Abb.]

In der Absicht, die Entstehung parasitärer Drehmomente durch die Oberfelder zu verhindern, werden die Stäbe des Laufkäfigs des Doppelkäfigläufers in zwei in bestimmtem Abstande übereinanderliegenden Nutenreihen untergebracht und auf der einen Läuferseite durch einen gemeinsamen Kurzschlußring verbunden, während auf der anderen Läuferseite je ein Oberstab mit einem um einige Nutteilungen entfernten Unterstab verbunden wird; der Anlaufkäfig mit Stäben großen Widerstandes wird in üblicher Weise ausgeführt. Die bei dieser Ausführung des Doppelkäfigläufers erreichten Anlauf- und Laufverhältnisse entsprechen den bei Doppelkäfigläufern überhaupt erreichbaren Verhältnissen.

Der beschriebene ständergespeiste Wechselstrom-Kommutatormotor ist mit einer am Nutengrund der Läufernuten angeordneten Hilfswicklung zur Verbesserung der Kommutierung

---

1) F. Fröhlich, ETZ 60 (1939) H. 18, S. 551.

2) H. Ogawa, J. Instn. electr. Engrs. Jap. 58 (1938) S. 431.

3) G. W. Hill, On the Part of Lunar Perigee which is the Function of the Mean Motions of the Sun and Moon, Cambridge, Mass. (1877); Acta Mathematica 8 (1886) S. 1.

Digitized by Google

und mit einer in Reihe mit der Läuferwicklung geschalteten Ständerhilfswicklung zur Leistungsfaktorverbesserung versehen. Die Drehzahländerung erfolgt mittels eines Induktionsreglers und ermöglicht den Lauf bei unter- und übersynchroner Drehzahl, wobei der Drehzahlabfall in Abhängigkeit von der Last bei einer bestimmten Einstellung des Drehreglers verhältnismäßig gering ist. *Klt.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

DK 621.317.4

Messung der Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$. [Nach H. Neumann, Arch. Techn. Messen (1939) V 957—2 Lieferung 93, T 36—40; 10 S., 15 Abb.]

Die Arbeit bildet die Fortsetzung des bereits erschienenen Teiles[1]), der sich mit den Definitionen und den Vorbedingungen für die Koerzitivkraft-Messung befaßte. Der 2. Teil behandelt die Meßverfahren selber. Die Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$ kann grundsätzlich nach allen den Verfahren gemessen werden, nach denen auch sonst die Induktion bzw. die Magnetisierungsintensität gemessen wird. Nach vorheriger Aufmagnetisierung (siehe Teil 1) wird durch ein Gegenfeld der Wert der Induktion bzw. der Intensität zum Verschwinden gebracht; die dazu notwendige Feldstärke, die entweder aus den Konstanten der Spule und der Stromstärke oder durch unmittelbare Messung ermittelt werden kann, ergibt den gewünschten Wert der Induktions- bzw. Magnetisierungs-Koerzitivkraft.

Die einzelnen Meßverfahren unterscheiden sich nur durch die Art der Anzeige des $\mathfrak{H}_c$-Zustandes. Bei den elektrodynamischen Verfahren wird zur Nullanzeige das Verschwinden der Ablenkung einer Drehspule benutzt, die sich in einem Eisenjoch befindet, in das die Probe eingespannt ist. Nach dem induktiven Verfahren kann die Nullanzeige entweder mit dem ballistischen Galvanometer erfolgen (Verfahren der $\mathfrak{H}_c$-Messung im geschlossenen Magnetkreis nach Iliovici, Hughes, Fahy, Steinhaus, H. Neumann, Sanford, Webb und Ford, Babbitt, Breitling, Wolman; Messung im offenen Magnetkreis nach Steinhaus, Skl. Curie, H. Neumann, Stäblein, Davis und Hartenheim, Potter und Coleman, DeVaney und Coghill) oder mittels der in einem Meßgenerator dauernd induzierten Spannung (Verfahren nach Betteridge, Watson, Pfaffenberger und Nitsche, Steinhaus, H. Neumann).

Bei den Ablenkungsverfahren (Magnetometer-Verfahren) unterscheidet man Magnetometer mit achsenparallelen Feldspulen in magnetischer Gegen- wie Serienschaltung (Picou), Magnetometer mit gekreuzten Feldspulen (Steinhaus und Kußmann), Magnetometer mit kleinem astatischem System in einem homogenen Spulenfeld (H. Neumann) und Magnetometer mit momentfreier Spule, bestehend aus 3 konzentrischen Spulen, wobei die äußeren 2 Spulen in Gegenschaltung das Moment der innersten Spule aufheben (Steinhaus und Kußmann). Bei den Drehmomentverfahren wird die Probe selber drehbar aufgehängt und das Umklappen der Probe im Gegenfeld zur Nullanzeige benutzt (Williams, Snoek); bei den Zugkraftverfahren kann entweder die von einer festen Probe auf ein Joch ausgeübte Zugkraft gemessen werden (du Bois, Thompson) oder die Zugkraft, die eine bewegliche Probe in einem inhomogenen Spulenfeld erfährt (McKeehan). An Hand von 15 Bildern werden die Grundlagen sämtlicher Meßverfahren erörtert sowie die Fehlerquellen, Vorzüge und Nachteile, Empfindlichkeiten und Genauigkeiten besprochen. *Vb.*

DK 621.385.1.062.9 : 621.317.32

Über ein neues Verfahren zur Stabilisierung eines Röhrenvoltmeters. [Nach Jean Gillod u. Charles Fabry, C. R. Acad. Sci., Paris 9 (1939) S. 1080.]

Die Verfasser entwickelten eine Schaltung für ein Röhrenvoltmeter, bei dem die Schwankungen des Heizstromes, hervorgerufen durch die Entladung der Heizbatterie, keinen Einfluß auf die Messungen ausüben. Es wird eine Kompensationsschaltung benutzt, wie Abb. 3 zeigt.

Der Anodenstrom I_a und somit die zu messende Gitterspannung U_g wird durch Kompensation der an R_3 entstehenden Spannung $I_a R_3$ mittels des Galvanometers G und der Kompensationsbatterie E bestimmt. Soll nun der Nullausschlag von G weitgehend unabhängig sein von den Schwankungen ΔI_H des Heizstromes I_H, so müssen nachfolgende zwei Gleichungen erfüllt sein:

$$R_1 I_H - E - R_3 I_a = 0, \qquad (1)$$

$$R_1 \Delta I_H = R_3 \Delta I_a, \qquad (2)$$

[1]) ETZ 60 (1939) S. 1346.

wobei $I_a = K \Delta I_H$ die Änderung des Anodenstromes ist, wenn sich der Heizstrom um ΔI_H ändert.

Die gesuchten Widerstände von R_1 und R_3 lassen sich aber auch experimentell finden. Zu diesem Zwecke ändert man R_1 unter Konstanthaltung des Anodenstromes I_H ($R_1 + R_2$ = konst.) bis zum Nullwerden des Galvanometerstromes. Dadurch ist Gleichung (1) erfüllt. Hieraufändert man den Heizstrom I_H um einen kleinen Wert und kompensiert den entstehenden

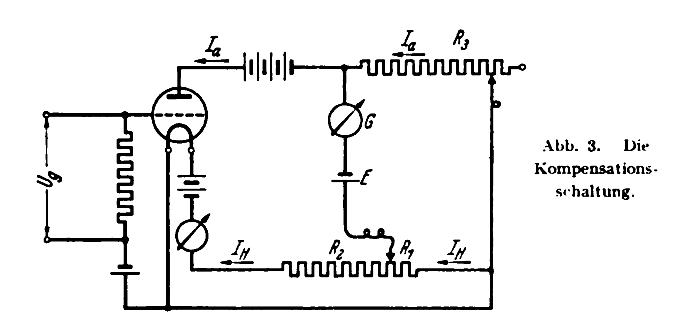


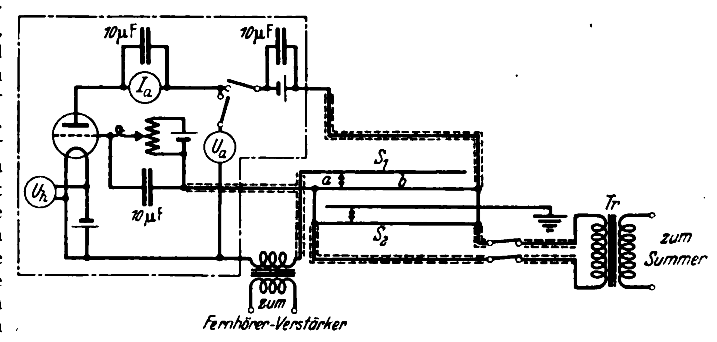
Abb. 3. Die Kompensationsschaltung.

Ausschlag G durch R_1. Durch Wiederholung findet man die günstigsten Werte für R_1 und R_3 (z. B. $R_1 = 3{,}86\,\Omega$, $R_3 = 1185\,\Omega$ bei $I_A = 600$ mA), bei denen der Nullausschlag von G wie gewünscht in hohem Maße unabhängig ist von kleinen Änderungen des Heizstromes. Die Verfasser konnten durch diese Schaltung bei einer Änderung des Heizstromes $\Delta I_H = 1/30\, I_H$ einen 350mal kleineren Ausschlag am Galvanometer beobachten, als es bei den bisher üblichen Schaltungen möglich war. *Mdt.*

DK 621.317.2 : 621.385

Über ein Röhrenprüffeld zur Messung von Durchgriff, Steilheit und innerem Widerstand mittels Wechselstroms. [Nach E.-W. Helmholz, Phys. Z. 40 (1939) S. 201; 5 S., 7 Abb.]

In einer Mitteilung aus der PTR beschreibt der Verfasser den Aufbau eines auf an sich bekannte Wechselstromverfahren (nach Barkhausen, Martens und Schottky) zurückgreifenden Röhrenprüffeldes und die damit gemachten Er-



S_1, Schleifdraht für die Durchgriffsmessung S_2 Schleifdraht für die Wagner-Erdung

Abb. 4. Durchgriffsmessung.

fahrungen. Wie bekannt, haben die Messungen mit Wechselstrom als Nullmethoden gegenüber Gleichstrommessungen den Vorteil der größeren Genauigkeit. Nach kurzer Erläuterung der Prinzipschaltungen für die Messung des Durchgriffes, der Steilheit und des inneren Widerstandes werden einige Angaben über die einzelnen Meßgeräte gemacht. Für die Lieferung der Wechselspannung ($U \approx 0{,}02$ bis $0{,}2$ V; $f = 1000$ Hz) wurde ein kleiner Röhrensummer benutzt. Ein einstufiger Verstärker lieferte die für ein besseres Abhören des Minimums notwendige Verstärkung.

Die Versuche mit den einfachen Schaltungen ergaben zunächst kein scharfes Minimum, da Störspannungen vorhanden waren. Und zwar störte nicht nur das Netzbrummen, sondern auch der Berliner Rundfunksender. Durch weitgehende Abschirmung der einzelnen Leitungen sowie Verwendung einer Wagner-Erdung bei der Messung des Durchgriffes und des inneren Widerstandes konnte weitgehende Abhilfe erreicht werden. Überbrückungskondensatoren ($C = 10\,\mu$F) machten schließlich auch die störende Hochfrequenz unwirksam. Abb. 4

Digitized by Google

zeigt als Beispiel die für Durchgriffsmessungen benutzte Schaltung, in der S_2 der für die Wagner-Erdung erforderliche Schleifdraht ist. Die Betriebsspannungen für die zu prüfenden Röhren wurden Batterien entnommen.

Bei dem aufgebauten Prüffeld ergab sich, daß nach Ablauf von etwa 7 min alle während der Messung konstant zu haltenden Größen konstant blieben, so daß die Einlaufzeit auf 10 min bemessen wurde.

Die Einstellgenauigkeit ergab sich je nach der Art der Messung zu $\pm$ 0,2 bis 0,6‰. In der gleichen Größenordnung liegt die mittlere relative Meßgenauigkeit, während die absolute Meßgenauigkeit zu etwa $\pm$ 3,5‰ ermittelt wurde. Meßreihen an einer größeren Zahl gleichartiger Röhren ergaben eine Streuung der Röhrendaten von etwa $\pm$ 5%, woraus sich ergibt, daß die absolute Meßgenauigkeit des aufgebauten Prüffeldes den Anforderungen der Praxis durchaus zu genügen vermag.

Nwg.

Lichttechnik.

DK 621.319.4 : 621.327.4

Kondensatoren in Wechselstromkreisen für Gasentladungslampen. [Nach H. Strauch, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 67; 6 S., 23 Abb.]

Wegen der negativen Charakteristik und der Hystereseerscheinungen an Entladungsbögen ist es zum Erzielen einer betriebssicheren Arbeitsweise von Gasentladungslampen erforderlich, daß vor die Lampen noch Zusatzgeräte angeschlossen werden. Die in der Praxis am meisten ausgeführte Schaltung weist in Reihe zur Lampe eine Drosselspule auf. Der induktive Blindstrom wird häufig durch einen Kondensator, der parallel zum Netz angeschlossen wird, aufgehoben. Eine Rückwirkung des Kondensators auf die Lampe findet hier nicht statt. Es ist ein naheliegender Gedanke, die induktiven Blindströme dadurch zu vermeiden, daß man eine Lampe mit einem Kondensator in Reihe schaltet. Wie praktische Versuche gezeigt haben, erhalten wir dann Oszillogramme des Röhrenstroms, die an die Entladung eines Kondensators über einen ohmschen Widerstand erinnern. Dabei ist die Zeitkonstante der Entladung meist so gering, daß z. B. eine Quecksilber-Hochdrucklampe schon während des Hochbrennens erlischt. Durch Vergrößern der Zeitkonstante, z. B. durch zusätzliche Anordnung eines ohmschen Widerstandes, kann man in solchen Fällen stabile Brennbedingungen für die Lampen schaffen. Durch die hohen Stromspitzen werden die Elektroden sehr beansprucht, der große Wechsel in der Strom- und damit Leistungsaufnahme der Lampe bedingt einen ausgeprägten stroboskopischen Effekt. Diese Kondensatorentladungen treten im wesentlichen in abgeschwächter Form auf, wenn der Hauptstromkreis aus einer Lampe und Drosselspule gebildet wird, der Kondensator parallel zur Lampe oder Selbstinduktion angeordnet ist. Im ersten Fall erreicht man noch den betrieblichen Vorteil von Zünderleichterungen der Lampe sowohl unmittelbar nach dem Schließen des Stromkreises (Erstzündung), als auch nach dem Nulldurchgang des Stromes in jeder Halbwelle (Wiederzündung). Wird der Kondensator in Reihe mit Lampe und Drossel angeordnet und stimmt man die Eigenfrequenz des Schwingungskreises ungefähr auf die Netzfrequenz ab, so kann man die Rohrspannung sehr hoch wählen. Trotz der nichtsinusförmigen Rohrspannung lassen sich sinusförmige Ströme erreichen, da den Stromoberwellen vornehmlich in der Selbstinduktion ein sehr hoher Widerstand entgegengestellt wird. Zum Abschluß wird gezeigt, daß sich nicht nur die Lichtbogenhysterese je nach Art des Vorschaltgerätes ändert, sondern auch umgekehrt die Hysteresekurven der Drosselspule durch die Gasentladung sehr stark beeinflußt werden. *Eb.*

DK 621.326.025

Untersuchungen an Glühlampen bei Wechselstrom. [Nach W. Leo, Phys. Z. 40 (1939) S. 116; 8 S., 5 Abb.]

Die Frage der Modulierbarkeit von Glühlampen bei Betrieb mit Wechselstrom interessiert neuerdings sowohl mit Hinblick auf die nähere Kenntnis der Strahlungsvorgänge bei schnellem Temperaturwechsel von Glühfäden als auch für technische Anwendungen in der Lichttelephonie.

Zur Ergänzung der bisher vorliegenden Untersuchungen an wechselstromgespeisten Glühlampen wurde eine Meßeinrichtung geschaffen, mit der die Temperaturschwankung von Lampenfäden bei Betrieb mit reinem Wechselstrom und moduliertem Gleichstrom sowie bei verschiedenen Wechselfrequenzen pyrometrisch im Maximum und Minimum der Schwankung unmittelbar gemessen werden konnte. Dabei ergab sich in befriedigender Übereinstimmung mit der Theorie, daß die Größe der Temperaturschwankung umgekehrt proportional der Wechselfrequenz und der Wärmekapazität des Lampenfadens und nahezu proportional der zugeführten Wattleistung ist. Für Wolframfäden bestehen einfache zahlenmäßige Zusammenhänge zwischen spezifischer Gesamtbelastung (W/mg Fadengewicht), Wechselfrequenz und Temperaturamplitude. Bereits im mittleren Tonfrequenzbereich (500 Hz) und bei hoher Fadenbelastung beträgt die erreichbare Temperaturschwankung auch für dünndrähtige Lampen nur wenige Grad.

Bei Verwendung von moduliertem Gleichstrom läßt sich eine 2- bis 3fache Temperaturschwankung erreichen wie bei reinem Wechselstrom. Gleichzeitig nimmt mit steigender Gleichstromzugabe der Klirrfaktor des Temperaturverlaufs gegenüber der angelegten Wechselspannung ab. Bei einer Stromaussteuerung von $1 : \sqrt{2}$ wird eine Temperaturschwankung des Lampenfadens in der Frequenz der Wechselmodulation erreicht, während bei Betrieb mit reinem Wechselstrom die Fadentemperatur bekanntlich mit doppelter Periodenzahl schwankt, wie die angelegte Wechselspannung.

Aus dem Umfang der Temperaturschwankung läßt sich an Hand des Strahlungsgesetzes der Modulationsgrad der Strahlung für die verschiedenen Spektralbereiche berechnen. Der Modulationsgrad hängt im wesentlichen von dem Verhältnis der Temperaturschwankung zum Quadrat der absoluten Fadentemperatur ab und vermindert sich bei Fortschreiten vom kurzwelligen zum langwelligen Spektralgebiet stetig. Der Hauptanteil der Strahlungsmodulation liegt also im blauen und violetten Spektralbereich, während die Modulation im roten und ultraroten Gebiet sehr gering bleibt. Messungen des Modulationsgrades verschiedener Lampen in ausgefilterten Spektralbereichen bestätigen die rechnerischen Ergebnisse. *eb.*

Elektrowärme.

DK 621.365.45

Wärmeübertragung durch Strahlung bei Deckenheizung. [Nach E. F. Maximilian van der Held, Gesundh.-Ing. 62 (1939) S. 73; 3 S., 1 Abb.]

Im Jahre 1937 ist eine Arbeit von Kalous über die Strahlungsheizung[1]) erschienen, die im Schrifttum über dieses Gebiet immer wieder herangezogen wird. Die in der Arbeit angeführten Betrachtungen über Absorption und Reemission sind unrichtig, bei ihrer Benutzung können sich, in bezug auf Strahlung, die Fehler bis auf 100 % auflaufen, so daß alle nach Kalous durchgeführten Berechnungen usw. fortfallen müssen. Van der Held hat es deshalb für erforderlich gehalten die Berechnungen genauer durchzuführen. Die Gleichungen zur Berechnung der für Deckenheizung maßgebenden Werte werden abgeleitet. Die Berechnung der Wärmeförderung in einem Raume mit Deckenheizung verläuft folgendermaßen: Man berechnet zuerst mit den bekannten Gleichungen die Formwerte für die Übertragung der Strahlungswärme zwischen verschiedenen Wänden, der Decke und dem Fußboden. Mit Hilfe einer der von van der Held entwickelten Gleichungen ist dann der Wärmestrom durch die Außenwand und mit einer anderen der durch Lufterneuerung entstehende Wärmeverlust unter Berücksichtigung der Deckentemperatur, der Innenoberflächentemperatur der Außenwand und der Lufttemperatur auszudrücken. Wenn nun gefordert ist, daß bei einer bestimmten Außentemperatur und einer n-maligen Lufterneuerung eine gegebene Zimmertemperatur erreicht werden muß, so kann man mit Hilfe zweier weiterer, vom Verfasser abgeleiteter Gleichungen ausrechnen, welche Deckentemperatur hierfür erforderlich ist; eine dieser Gleichungen ergibt gleichzeitig die auftretende Lufttemperatur und die Temperatur der Innenoberfläche der Außenwand. Trotz der vorgenommenen vereinfachenden Voraussetzungen sind die Gleichungen noch lang und sehr verwickelt, so daß man sich mit den ungefähren Berechnungen begnügen muß. *Mgm.*

Verkehrstechnik.

DK 621.335.42 : 625.42

Amerikanischer „Federgewichts"-Wagen. [Nach Transit J. 83 (1939) S. 86; 3 S., 4 Abb.]

Für die New-Yorker Untergrundbahnen wurde ein dreiteiliger Triebwagen mit 80 Sitz- und über 200 Stehplätzen gebaut, bei dem die Erfahrungen mit den leichten PCC-Einheitsstraßenbahnwagen[2]) ausgenutzt wurden. Es wurden sogar die

[1]) K. Kalous, Allgemeine Theorie der Strahlungsheizung. Forsch. Ing.-Wes. 8 (1937) S. 170.

[2]) ETZ 59 (1938) S. 887.

Digitized by Google

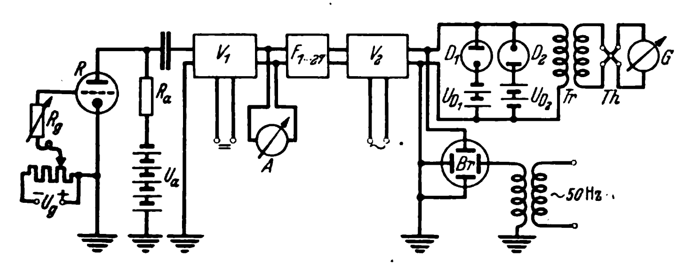
gleichen Drehgestelle verwendet; wegen der geringen Tragfähigkeit derselben war es erforderlich, das Wagengewicht so klein wie möglich zu halten. Dies führte zu einer weitgehenden Verwendung von Aluminium und seinen Legierungen bei den Seitenplatten, den Dachplatten, Abdeckplatten sowie allen Ausrüstungsteilen, wie Leuchten, Schildern, Handgriffen, Türen, Handrädern usw. Insgesamt wurden an dem Wagen 6,35 t Aluminium verwendet. Der dreiteilige Wagen mit vier Triebdrehgestellen wiegt bei einer Gesamtlänge von 24,5 m leer nur 31,6 t, bei voller Besetzung bis zu 52 t. Eine zweite Besonderheit des Wagens ist die Verwendung von Gummi als Bauelement auch an Stellen, an denen große Beanspruchungen auftreten. Die gummigepolsterten Räder haben eine 40 mm starke Gummizwischenlage, die Hauptfedern zwischen Radachsen und Drehgestellen bestehen aus Gummi, viele mechanische Teile sind unter Zwischenlage von Gummipuffern befestigt, und alle umlaufenden Maschinen der Ausrüstung haben Gummi-Geräuschdämpfer. Stöße auf die Wagenenden werden durch Gummipuffer gedämpft und auf plastische Aluminiumzylinder übertragen, die sich bei großen Kräften verformen und so den Wagen selbst vor Beschädigungen schützen. Durch diese überall durchgeführte Gummipufferung erzielt man auch bei großen Geschwindigkeiten größte Schonung des Wagens und des Schienenunterbaues, unabgefedert sind eigentlich nur die Radreifen. Der Wagen erhielt Kurzschlußbremsung, Magnetschienenbremsen und gewöhnliche Luftdruckbremse. Erwähnt seien noch die ansprechende äußere Form und innere Ausstattung sowie die durch Thermostaten geregelte Klimaanlage, die hier mit einer neuartigen Luftreinigungsvorrichtung versehen ist, durch die auch die Kühlluft für die Motoren und andere Ausrüstungsteile geleitet wird. *Dtt.*

Fernmeldetechnik.

DK 621.385.1

Das Röhrenrauschen bei Niederfrequenz. [Nach W. Graffunder, Telefunkenröhre 15 (1939) S. 41; 22 S., 23 Abb.]

Die bei Elektronenröhren auftretenden Schwankungserscheinungen äußern sich als Röhrenrauschen. Durch zeitliche und örtliche Schwankungen der Emissionsfähigkeit der Kathode



R	die zu untersuchende Röhre	Br	Braunsche Röhre
V_1	siebenstufiger Batterieverstärker	D_1, D_2	Dioden
A	Tonfrequenz-Spannungszeiger	U_{D_1}, U_{D_2}	Sperrspannung
$F_{1\cdots 27}$	Filtersatz (Bandfilter)	Th	Thermokreuz
V_2	Endverstärker, Netzbetrieb	G	Galvanometer

Abb. 5. Versuchsanordnung zur Messung des Funkeleffektes.

entsteht das frequenzabhängige Funkelrauschen, es kann bei Frequenzen unterhalb von etwa 20 kHz das Schroteffektrauschen um mehrere Größenordnungen übertreffen. Nach älteren Anschauungen soll das Auftreten von Schwankungen der Elektronenemission durch Erscheinen und Verschwinden metallischer Ba-Atome an der Kathodenoberfläche bedingt sein. Neuere Vorstellungen von Schottky über den Vorgang der Elektronenbefreiung aus Oxydkathoden lassen die Annahme berechtigt erscheinen, daß die Schwankungserscheinungen durch positive Ba-Ionen endlicher „Lebensdauer" in einer etwa 10^{-5} cm dicken Oberflächenschicht des Oxydes entstehen. Die oben beschriebene Erscheinung wird als „normaler Funkeleffekt" bezeichnet und ist besonders im Sättigungsgebiet festzustellen. „Anomaler Funkeleffekt" entsteht durch positive Ionen, die in die Raumladungswolke eindringen und in der Regel aus der Kathode stammen.

Der Aufbau der Versuchsanordnung geht aus Abb. 5 hervor. Bemerkenswert ist die Schutzschaltung für das Thermokreuz *Th*. Durch die beiden entgegen geschalteten Dioden D_1 und D_2, die durch die Vorspannung U_{D_1} bzw. U_{D_2} normalerweise gesperrt sind, fließt Strom sobald die Ausgangsspannung des Verstärkers V_2 durch Schaltstöße oder starke Erschütterungen der empfindlichen Meßanordnung über einen bestimmten Wert ansteigt.

Die Entstehung des Rauschens wird durch statische Spannungsschwankungen an den Enden des „äquivalenten Gitterwiderstandes" $R_ä$ dargestellt. Auf diese Weise kann also das Rauschen verglichen werden mit dem Rauschen eines im Gitterkreis der Röhre liegenden Widerstandes $R_ä$. Ein weiteres Maß für die Größe des Rauschens ist der anodenseitige Vergleich mit der Größe des ungeschwächten Schrotstromes I_s. Hier dient der Faktor F als Maß des Rauschens. F ist das Verhältnis des beachteten Rauschstromes I_a zu dem Rauschstrom I_s eines ungeschwächten Schrotrauschens bei gleichem Anodenstrom i_a. Zwischen den beiden Vergleichsgrößen zur Messung des Rauschens besteht die Beziehung: $F^2 = \frac{1}{19{,}6} \cdot \frac{S^2 R_ä}{i_a}$.

Aus den zahlreichen Messungen an verschiedenen Röhrentypen werden zusammenfassend folgende Ergebnisse über die Untersuchung des Funkeleffektrauschens im Frequenzgebiet zwischen 40 und 20000 Hz mitgeteilt:

1. Nach früheren Messungen (J. B. Johnson) und den älteren Anschauungen soll der Anstieg des Funkelrauschens mit $1/f^2$ erfolgen. Die neuen Messungen haben jedoch gezeigt, daß im Raumladegebiet der Funkeleffekt bei Oxydkathoden umgekehrt proportional der Frequenz zunimmt. Da für die Verwendung einer Röhre im Verstärker der Äquivalentwiderstand $R_ä$ maßgebend ist, sind indirekt geheizte Röhren mit geringem Funkeleffekt günstiger. Die Größe der durch das Funkeleffektrauschen erzeugten effektiven Gitterwechselspannung liegt bei etwa 0,4 bis 2 µV.
2. Dieselbe Frequenzabhängigkeit I^2 proportional $1/f$ gilt im Sättigungsgebiet. Für die Abhängigkeit von der Sättigungsstromstärke ergibt sich $I^2 = k\, s^{\alpha}$. Dabei ist $\alpha < 2$.
3. Bei reinen Wolframkathoden kann kein normaler Funkeleffekt festgestellt werden. An Röhren mit diesen Kathoden tritt zeitweise der anormale Funkeleffekt auf. Es werden einige Kathodenstrahl-Oszillogramme wiedergegeben.

Ein umfangreiches Schrifttumverzeichnis beschließt die Arbeit. *rm.*

DK 621.395.344

Das Crossbar-Wählersystem. [Nach F. J. Scudder und J. N. Reynolds, Bell Syst. techn. J. 18 (1939) S. 76; 43 S., 20 Abb.]

Im Jahre 1938 sind in New Nork zwei 10 000-Wählerämter nach dem Crossbar-System in Betrieb gegangen. Das eine Amt liegt in einem Wohnviertel von Brooklyn, das andere im Geschäftsviertel von Manhattan. Nachdem die beiden Ämter nunmehr monatelang zufriedenstellend gearbeitet haben, beabsichtigt die American Telephone and Telegraph Company, das Crossbar-System in größeren Städten allgemein an Stelle des Panel-Systems bei neuen Wählerämtern einzuführen.

Das wesentlichste Merkmal des Crossbar-Systems besteht darin, daß nirgendwo gleitende Kontakte aus unedlem Metall, sondern ausschließlich Kontaktfederpaare mit Doppelkontakten und Palladiumspitzen verwendet werden. Der eigentliche Wähler besteht aus 20 nebeneinander angeordneten senkrechten Einheiten mit je 10 übereinander liegenden Kontaktfedersätzen. Fünf waagerechte Achsen tragen an den Stellen, wo sie eine senkrechte Einheit kreuzen, je einen nach hinten zeigenden, aus federndem Draht bestehenden „Wählfinger". Die Wählfinger stehen in der Ruhelage waagerecht. Wird jedoch eine der Achsen mit Hilfe der am rechten oder linken Ende befindlichen Flügelanker um einige Grade gedreht, so erhalten ihre sämtlichen Wählfinger eine schräge Lage nach oben oder unten. Dadurch geraten die Wählfinger dieser Achse zwischen die Kontaktfedersätze einer waagerechten Reihe und die nach oben durchgeführten Anker der „Haltemagnete" der senkrechten Einheiten. Wird jetzt einer der Haltemagnete betätigt, so wird der im Kreuzungspunkt der waagerechten Achse mit der betreffenden senkrechten Einheit befindliche Federsatz durch den Wählfinger mitgenommen und betätigt. Dabei wird gleichzeitig der federnde Wählfinger zwischen Haltemagnetanker und Federsatz festgeklemmt, so daß die waagerechte Achse in ihre Ruhelage zurückkehren und damit den Wähler für die Herstellung weiterer Verbindungen (über andere senkrechte Einheiten) freigeben kann. Die senkrechte Einheit ist in ihrer Wirkungsweise einem Drehwähler mit 10 Ausgängen, der ganze Wähler also einem Drehwählerrahmen mit zwanzig 10teiligen Drehwählern vergleichbar mit der Einschränkung, daß jeweils nur ein Drehwähler gleichzeitig eingestellt werden kann. Der ganze Wähler nimmt einen Raum von 23,5 × 77,5 cm ein.

Digitized by Google

Sämtliche Wähler werden von besonderen Steuerrelaissätzen gesteuert, von denen wiederum ein Teil, die sogenannten „Marker", unter dem Einfluß von Stromstoßsendern stehen, die ihrerseits von den Nummernscheiben der Sprechstellenapparate eingestellt werden. Zur Verbindung der in sehr geringer Zahl (etwa 8 je Amt) vorhandenen Marker mit den Wählern und Stromstoßsendern dienen vielkontaktige Relais mit bis zu 60 Arbeitskontakten. Der langgestreckte Anker wird durch zwei parallelgeschaltete Magnete an seinen beiden Enden betätigt. Das Relais ist 5 · 28 cm groß. Im übrigen werden sogenannte „kleine" Relais verwendet; auch diese erlauben noch die Anbringung von bis zu 24 Kontaktfedern in beliebiger Zusammenstellung.

Die Verfasser beschreiben ausführlich die Vorgänge bei der Herstellung einer Verbindung, ohne auf schaltungstechnische Einzelheiten einzugehen. Bemerkenswert beim Crossbar-System wie bei allen Bypath-Systemen ist, daß während des Gesprächszustandes außer den Speiserelais nur die senkrechten Wählereinheiten mit ihren Haltemagneten belegt sind, während alle sonstigen, für die Steuerung der Wähler benötigten technischen Einrichtungen sofort nach dem Aufbau der Verbindung wieder frei werden und daher nur in geringer Zahl vorhanden sind. Dieser und andere Vorzüge des Crossbar-Systems werden naturgemäß von den Verfassern besonders betont, während die dem System zweifellos auch anhaftenden Nachteile nicht erwähnt werden. — Den Abschluß der Arbeit bilden einige durch Abbildungen erläuterte Angaben über den gestellmäßigen Aufbau des Systems und die Stromversorgung. Die Batteriespannung beträgt 48 V. *Rtg.*

DK 621.396.812.029.6

Über den Einfluß der Troposphäre auf die Ultrakurzwellenausbreitung. [Nach W. Scholz u. L. Egersdörfer, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. 28 (1939) S. 77; 7 S., 17 Abb.]

Hatte man anfangs geradlinige Fortpflanzung der UK-Wellen angenommen, so konnte beim Einsetzen größerer Leistungen das Vielfache der Sichtweite bis zu einigen 100 km erreicht werden. Dabei zeigten sich ganz unregelmäßige Feldstärkeschwankungen, die auf Änderungen der Troposphäre zurückgeführt werden können. Durch rechnerische Untersuchungen wurde schon früher festgestellt, daß elektrische Wellen durch die mit der Höhe abnehmende Luftdichte zur Erde gebrochen werden, daß sie unter Umständen der Erdkrümmung folgen können. Auf Grund von Empfangsbeobachtungen findet R. A. Hull, daß der Empfang der 5 m-Welle besonders gut war, wenn sich warme Luftschichten über kalte wegschieben, d. h. wenn eine Inversion oder ein umgekehrtes Temperaturgefälle auftritt. Als Ergebnis der Vorversuche mit dem UKW-Sender Witzleben, Brocken und verschiedenen fahrbaren Sendern in Entfernungen bis 490 km und mit Frequenzen zwischen 40 und 44,3 MHz ist genannt:

1. Die Feldstärke ist außerhalb der Sichtweite der Senderantenne nicht mehr konstant. Sie schwankt mit wachsender Entfernung stärker.
2. Interferenzerscheinungen, selektiver Schwund sowie verschiedene Strahlenwege wurden nicht festgestellt.

Unter der Annahme, daß die Troposphäre aus Luftschichten mit verschiedenen Temperaturgradienten und damit verschiedener Dichte besteht, kann diese unter Umständen als geschichtetes Dielektrikum angesehen werden. Da aber die Luftschichten stets zueinander in Bewegung sind, so kann angenommen werden, daß die Summe der Unstetigkeiten in der Dichteverteilung der Troposphäre die Empfangsschwankungen ergeben. Die vorgenommenen Versuche sind damit in Übereinstimmung. Durch rein physikalische Zusammenhänge kann unter bestimmten Einschränkungen aus der Temperaturverteilung auf die Luftdichte geschlossen werden. Störungen des Temperatur-(Dichte)-Feldes der Versuchsstrecke brachten beim Auftreten von Inversionen entsprechende Feldstärkeschwankungen. Alle Empfangsergebnisse auf der gleichen Übertragungsstrecke haben gleiche Grundtendenz. Daß Empfangsschwankungen erst außerhalb der Sichtweite auftreten, wird durch das Vorhandensein von zwei Energieanteilen am Empfangsort begründet. Der eine, und zwar zeitlich konstante Anteil, der sich mit der Entfernung exponentiell verringert, überwindet die Erdkrümmung durch Beugung. Der zeitlich veränderliche Anteil wird durch die Inhomogenität der niederen Atmosphäre nach der Erdoberfläche hin gebrochen. Das Verhältnis des zweiten zum ersten Anteil wird mit der Entfernung hinter dem Antennenhorizont größer. Die mittlere Amplitude der Feldstärkeschwankungen nimmt damit zu. *mlr.*

DK 621.397.3

Schmalband-Übertragungssystem für bewegte Linienbilder. [Nach A. M. Skellett, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect. S. 124; 3 S., 8 Abb.]

Bei der Übertragung von Linienzeichnungen oder ähnlichen mit einem Fernsehsystem hoher Auflösung werden zu einem großen Teile leere Flächen mit übertragen, während es genügen würde, die Figur und den Hintergrund zu übertragen. Dies geschicht bei dem vorliegendem System mit einer Braunschen Röhre, deren Strahl bei geeigneter Kombination der Ablenkspannungen jede gewünschte Linie aufzeichnen kann. Durch Mehrfachabtastung (20mal oder mehr je s) ergibt sich schließlich ein stationäres Bild. Zur Wiedergabe werden also zwei zeitlich veränderliche Spannungen benötigt, die auf die waagerechten und senkrechten Ablenkplatten einwirken und den X- und Y-Koordinaten der Figur proportional sind.

Die Bandbreite umfaßt die für die Übertragung der X- und Y-Spannungen erforderlichen Bänder. Sie wird bestimmt durch die Anforderungen hinsichtlich der Wiedergabe scharfer Ecken, die bei Unterdrückung der Harmonischen höherer Ordnung immer schlechter wird. Dagegen hängen die Form und die Grundzüge des Bildes von den unteren Frequenzen ab. Bei einem Versuch wurde die Zeichnung eines Frauenkopfes mit einer Gesamtbandbreite von 2600 Hz wiedergegeben (je 1300 Hz für X- und Y-Spannungen).

Die Unterdrückung des Strahles beim Durchqueren von Feldern, in denen er nicht sichtbar sein soll, kann entweder durch Sperrung am Wehneltzylinder erfolgen oder durch Erteilen einer hohen Geschwindigkeit (etwa das Zehnfache der normalen Geschwindigkeit). Das erste Verfahren erfordert einen zusätzlichen Kanal und verbreitert das Band. Bei dem zweiten Verfahren treten in dem zeitlichen Potentialverlauf steile Flanken auf, deren Übertragung im allgemeinen keine zusätzliche Bandverbreiterung bedingt.

Zur Übertragung einer schwierigeren Figur sind etwa 10 000 Hz erforderlich; dies entspricht bei Schriftzeichen etwa 7 Wörtern normaler Länge. Der Grundhelligkeit eines Fernsehbildes entsprechend ist bei dem Schmalbandsystem eine Zentrierkomponente mit zu übertragen, die die Lage des Bildes in bezug auf den Untergrund bestimmt und z. B. bei Verwendung eines Trägers durch eine Gleichstromkomponente wiedergegeben wird. Die Zerlegung einer Zeichnung in ihre Komponenten kann mit einem handgeführten Griffel geschehen, mit dem die Umrisse abgetastet werden. Dieser ist mechanisch oder elektrisch mit einer Anordnung gekoppelt, deren Aufgabe es ist, auf einen Film oder dgl. zwei Diagramme aufzuzeichnen, deren Amplituden den X- und Y-Koordinaten proportional sind. Die Umsetzung in Spannungen erfolgt mittels Photozelle. *Kj.*

DK 621.397.5(44)

Der Stand der Fernseh-Sendetechnik in Frankreich. [Nach St. Mallein, Électr. et Méc., 22 (1938) S. 325 u. 23 (1939) S. 20; 9½ S., 25 Abb.]

Der Aufsatz behandelt die Entstehungsgeschichte einer gemäß ministerieller Verfügung von 1938 bis 1941 Geltung behaltenden französischen Fernseh-Sendenorm sowie die hierzu von vier französischen Firmen gemachten Normvorschläge und bereitgestellten Bildgeberapparaturen. Ob und welcher Normvorschlag zur allein geltenden Norm erhoben worden ist, wird in dem Aufsatz nicht gesagt. Es lagen zum Vergleich vor die in Deutschland, England und den V. S. Amerika eingeführten bzw. sich anbahnenden Systeme mit Zeilenzahlen zwischen 375 und 441. Um der Entwicklung der Bildgeber möglichst wenig Einschränkungen von seiten des Senders aufzuerlegen, wurde für diesen vorgeschrieben eine dem 450 Zeilen-Betrieb entsprechende Bandbreite, die Mitübertragung der mittleren Bildhelligkeit sowie die Eignung für Positiv- und für Negativ-Modulation (Positiv-Modulation = steigende Sendeenergie mit steigender Bildhelligkeit). Vom Studio zum Sender werden die Sendungen über ein koaxiales Kabel auf zwei Trägern geleitet: Die Frequenzen von 0 bis 2,5 MHz werden auf einem Träger von 5,5 MHz, die Frequenzen von 0 bis 5 Hz auf einem Träger von 100 kHz übertragen. Am Ende des Kabels findet eine Auftrennung der beiden Träger durch Hoch- und Tiefpaß, Gleichrichtung und nach Verstärkung Modulation des Senders statt. Der Sender befindet sich am Fuß des Eiffelturms. Er arbeitet bei ± 2,5 MHz Bandbreite mit einem Träger von 46 MHz. Die Modulation erfolgt in der Endstufe. Die Speisung der auf der Spitze des Eiffelturms angebrachten Antenne geschieht über ein 380 m langes koaxiales Kabel. — Den von vier Firmen

gemachten Sendenorm-Vorschlägen sind folgende Punkte gemeinsam: 1. Abtastung von links nach rechts und von oben nach unten. 2. Konstante Abtastgeschwindigkeit. 3. Zeilensprung mit 50 Halbbildern je Sekunde. 4. Einkanalsynchronisierung. 5. Synchronisierzeichen „schwärzer als schwarz". 6. Austastung des Bildinhaltes während der Synchronisierzeichen. 7. Zeitliche Länge der Synchronisierzeichen nicht sehr klein gegen Dauer einer Zeilen- bzw. Bildablenkung. 8. Amplitude der Synchronisierzeichen halb so groß wie die größte Amplitude der Bildzeichen. Die Unterschiede der Systeme liegen im wesentlichen in der Zeilenzahl, dem Bildformat, der Erzeugung des Zeilensprungs, der Polarität der Modulation und der Filmabtastung. Die von den vier beteiligten Firmen angewandte Technik ist in den Zahlentafeln 1 u. 2 zusammengestellt.

Zahlentafel 1. Bildaufnahme- und Zerlegungstechnik.

Firma	Zeilenzahl	Bildformat	Modulation	Bildfänger	Filmabtaster
1.	455	5 : 4	positiv	Elektronenstrahlabtaster	Elektronenstrahlabtaster. Mehrmalige Unterbrechung der Lichtquelle während einer Bildabtastung.
2.	450	5 : 4	negativ	Elektronenstrahlabtaster	Elektronenstrahlabtaster. Projizierung des Filmbildes auf die Elektronenstrahlabtasterplatte während der Bildrücklaufzeit.
3.	455	7 : 6	positiv	Elektronenstrahlabtaster	Elektronenstrahlabtaster. Beschleunigtes Malteserkreuz.
4.	375	—	positiv	—	Nipkowscheibe mit zwei Lochspiralen für zweimalige Abtastung jedes Filmbildes. Photozelle.

Zahlentafel 2. Synchronisierungstechnik.

Firma	Zeilenimpulsdauer	Garantierung der Zeilenimpuls-Vorderfront durch	Erzeugung des Zeilensprungs durch	Form des Bildimpulses
1.	10%[1])	Schwarzstufe[2]) 0,5%	ungeradzahliges Verhältnis von Zeilen- zu Bildfrequenz	10 Halbzeilenimpulse von 40% Breite.
2.	17%	Überhöhung der Vorderfront bei halber mittlerer Impulsamplitude	„innere Phasenverschiebung der Zeilenimpulse[3])"	6 Zeilenimpulse von 90% Breite.
3.	15-20%	—	ungeradzahliges Verhältnis von Zeilen- zu Bildfrequenz	10 Zeilen langer, bis auf 10% austastender Impuls mit eingefügten bis auf 0% austastenden Zeilenimpulsen.
4.	6%	Schwarzstufe 4%	ungeradzahliges Verhältnis von Zeilen- zu Bildfrequenz	5 Zeilen langer bis 0% austastender Impuls

[1]) %-Angaben beziehen sich mit Ausnahme der in Rubrik 5 unter 3 und unter 4 gemachten Angaben auf den zeitlichen Abstand zweier Zeilenimpulse.

[2]) Unter „Schwarzstufe" ist die dem Zeilenimpuls vorhergehende Austastung des Bildinhaltes zu verstehen.

[3]) „Innere Phasenverschiebung der Zeilenimpulse" bedeutet, daß vor Beginn und nach Ende des einen Halbrasters die Zeilenimpulse noniusartig so weit verschoben werden, daß sie gegenüber den Zeilenimpulsen des andern Halbrasters um einen halben Zeilenabstand versetzt erscheinen. Darauf beruht trotz geradzahligen Verhältnisses von Zeilen- zu Bildfrequenz die Entstehung des Zeilensprungs. Die zu beiden Halbrastern gehörigen Bildimpulse behalten dabei kongruente Form.

Ogn.

Theoretische Elektrotechnik.

DK 537.523.2

Das Einsetzen des Glimmens an einer positiven Spitze bei Atmosphärendruck. [Nach A. F. Kip, Phys. Rev. 55 (1939) S. 549; 8 S., 11 Abb.]

Als Fortsetzung von Untersuchungen von Loeb haben Kip[1]) und Trichel[2]) ausführliche Untersuchungen über das Glimmen an positiven und negativen Spitzen durchgeführt. Kip untersucht nun in einer weiteren Arbeit die Vorprozesse, die der Bildung einer zusammenhängenden sichtbaren Glimmschicht an einer positiven Spitze vorausgehen, wenn die Elektroden an eine leistungsfähige Stromquelle angeschlossen werden. Die Vorprozesse sind wegen ihrer geringen Leuchtdichte nur schwer zu beobachten. Bei Verwendung einer lichtstarken Optik und langer Belichtungszeiten lassen sie sich photographisch festhalten. Parallel dazu werden von Kip die auftretenden Stromstöße und Änderungen in der Feldverteilung mit Hilfselektroden und einer Braunschen Röhre untersucht.

Von den Vorgängen an der Anode kann man sich dann folgendes Bild machen: Erhöht man an der mit Emanation vorionisierten Strecke die Spannung, so treten vor Einsetzen des eigentlichen Glimmens einzelne Glimmstöße (pulses of burst corona) auf, die je rd. 3 ms dauern. Die dabei vor der Elektrode aufgespeicherte Raumladung schwächt das Feld hinreichend, um den einzelnen Glimmstoß zum Erlöschen zu bringen. Jeder einzelne Glimmstoß setzt sich aus einer großen Reihe von „Ausbrüchen" (bursts) zusammen. Erhöht man die Spannung weiter, so treten einzelne hörbare Entladungen auf, die weit in den raumladungsfreien Raum zwischen den Elektroden hineinreichen und jeweils einen Glimmstoß nach sich ziehen. Beide Entladungsformen werden durch lichtelektrische Ionisation vorgetragen. Bei noch weiterer Spannungssteigerung löst dann eine solche „Streifenentladung" (streamer) eine stabile Glimmentladung aus, die dann bequem sichtbar ist.

Die Länge der Streifenentladungen hängt von der Größe der Spitze ab. Bei feinsten Spitzen verschwimmt die Grenze zwischen Glimmstößen und Streifenentladungen. Die Wanderungsgeschwindigkeiten der positiven Ionen in den geschilderten Entladungsformen liegt in der Größenordnung von 10^3 cm/s.

Phf.

[1]) A. F. Kip, Phys. Rev. 54 (1938) S. 139.
[2]) G. W. Trichel, Phys. Rev. 54 (1938) S. 1078 u. 55 (1939) S. 382.

DK 537.523.4

Schlagweitenvergrößerung durch Strahlstoß und Strahlhelligkeit von Stoßfunken. [Nach M. Toepler, Phys. Z., 40 (1939) S. 206; 11 S., 5 Abb.]

Die Arbeit bildet eine Fortsetzung früherer Untersuchungen über den Lichtstoß des Funkens[1]). Es wird die Einwirkung des Stoßfunkens einer Funkenstrecke auf Überschlagsentfernung einer zweiten Funkenstrecke bestimmt. Die sich dabei ergebende Schlagweitenvergrößerung wird als „Strahlwirkung" bezeichnet; sie ergibt sich als völlig unabhängig von der Länge des Stoßfunkens, der am Strahlfunken liegenden Spannung und der Elektrodenform; sie ist allein abhängig von der durch den Strahlfunken hindurchgegangenen Elektrizitätsmenge, zu der die Strahlhelligkeit proportional gefunden wird. Die Versuche zeigen ferner, daß in erster Linie wirksame Strahlung die elektrodennahe Gebiete aussenden, in denen noch reichlich Metalldampf in der Funkenbahn vorhanden ist, während das metalldampfarme Zwischenstück, der „Luftfunken", nur schwach strahlt. Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit erlauben auch eine Erweiterung des in der früheren Arbeit aufgestellten Grundgesetzes über die Beziehung zwischen Beleuchtungsstärke und Strahlwirkung hinsichtlich des Einflusses von Abstand des Strahlers, der über ihn entladenen Elektrizitätsmenge und der Anzahl gleichzeitiger Stoßfunken. Dann folgen sehr umfangreiche Untersuchungen über die Strahlwirkung von 22 verschiedenen Elektrodenstoffen, wobei als Bezugspegel die Strahlhelligkeit von Kupfer gewählt wurde. Dabei muß berücksichtigt werden, daß in längeren Pausen zwischen den Versuchen die Strahlwirkung einer Funkenstrecke erheblich absacken, durch Einbrennen aber rasch die alte Strahlwirkung wieder hergestellt werden kann. Ferner läßt sich aussagen, daß chemisch ähnliche Elemente nahezu die gleiche Strahlwirkung haben, entsprechend der Ähnlichkeit ihrer Spektren. Auch zeigt die Strahlwirkung mit wachsendem Atomgewicht periodische Schwankungen. Zum Schlusse wird eine Abschätzung der Strahlhelligkeit des Blitzes versucht: besitzt ein Blitz die gleiche Stromstärke wie Funken zwischen Kupferelektroden von 1,75 cm Abstand, so wird eine rd. 10000fache Elektrizitätsmenge entladen. Hieraus würde eine für 1 cm Blitzbahn, unter Berücksichtigung, daß es sich beim Blitz um einen „Luftfunken" handelt, rund 250fache Strahlhelligkeit folgern. Man hätte bei einer so eingehenden Arbeit den Wunsch, daß ihre Ergebnisse vom Verfasser selbst, der ja wohl dazu der Berufenste wäre, mit den Ergebnissen soeben erschienener anderer Arbeiten über die Durchschlagssenkung an Funkenstrecken von Luft von Atmosphärendruck unter Zuhilfenahme des Funkenlichtes noch in Beziehung gebracht würden[2]).

Stl.

[1]) M. Toepler, Phys. Z. 39 (1938) S. 523.
[2]) C. Brinkmann, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 121 u. Z. Phys. 111 (1939) S. 737. — P. H. McAuley, Electr. J. 36 (1939) S. 56.

Digitized by Google

Werkstatt und Baustoffe.

DK 621.317.755.002.56

Anwendung von Kathodenstrahlröhren bei der Massenfertigung. [Nach H. van Suchtelen, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 90; 4½ S., 7 Abb.]

Der Kathodenstrahl-Oszillograph ist ein willkommenes Hilfsmittel zur Steigerung der Schnelligkeit von Prüfverfahren, wenn es notwendig ist, in schneller Aufeinanderfolge Kontrollmessungen auszuführen. Dies ist insbesondere für die Massenfertigung von Bedeutung, so daß dabei durch Anwendung des Kathodenstrahl-Oszillographen die Anpassung von sonst zeitraubenden Messungen an das sonstige Arbeitstempo ermöglicht wird. Als erstes Beispiel dafür wird eine Prüfeinrichtung zur Aufnahme von Resonanzkurven von Rundfunkempfängern beschrieben, die die Spannung am Detektor als Funktion des Frequenzunterschiedes zwischen der Geräteabstimmung und einem mit konstanter Amplitude auf der Antennenseite zugeführten Signal angibt. Das Sondermeßgerät besteht aus einem Frequenzmodulator, der in Verbindung mit einem Kathodenstrahl-Oszillographen einen unmittelbaren Überblick über die gesamte Resonanzkurve ermöglicht. Der Frequenzmodulator sorgt dafür, daß die Frequenz des zugeführten Signals etwa 50mal je Sekunde um ihren Mittelwert pendelt, wodurch erreicht wird, daß ein bleibendes Bild auf dem Schirm der Kathodenstrahlröhre entsteht. Im Oszillographen wird durch eine sägezahnförmige Hilfsspannung die waagerechte Ablenkung des Lichtfleckes herbeigeführt. Um eine feste Beziehung zwischen der waagerechten Auslenkung und der Meßfrequenz zu erhalten, steuert die Sägezahnspannung gleichzeitig mittels eines als veränderliche Selbstinduktion wirkenden Kreises mit Mehrgitterröhre den Frequenzmodulator. Um für alle Aufnahmen das gleiche Frequenzgebiet zu bestreichen, wurde der Frequenzmodulator für eine feste mittlere Frequenz gebaut und zur Erzeugung der gewünschten Meßfrequenz eine andere, nicht schwankende Frequenz überlagert. Durch Verwendung einer geeigneten Modulatorröhre wird innerhalb weiter Grenzen eine fast lineare Abhängigkeit zwischen der Frequenzänderung und der Steuerspannung erzielt, so daß die Eichung dann besonders einfach ausfällt. Durch Verkleinerung der Steuerspannung kann der Frequenzmaßstab im Diagramm geändert werden. Im Aufbau der Meßeinrichtung wurden der Schwingkreis und die veränderliche Selbstinduktion mit der Mischröhre im Frequenzmodulator zu einem Gerät vereinigt, so daß die gesamte Anordnung aus dem Signalgenerator, dem Frequenzmodulator, Prüfempfänger und Kathodenstrahl-Oszillographen besteht. An aufgenommenen Resonanzkurven ist die Wirkung einer regelbaren Bandbreite deutlich ersichtlich. Bei Benutzung eines Oszillographen für sehr hohe Frequenzen kann die Empfängerspannung bereits vor dem Detektor abgegriffen werden.

Als zweites Beispiel der Anwendung von Kathodenstrahlröhren in der Massenfertigung wird die Prüfung von kleinen Motor- und Dynamoankern angegeben. Während bei der Widerstandsmessung der Spulen mit Zeigergeräten das Tempo durch die Zeit bestimmt wird, die notwendig ist, um den Zeiger ausschlagen bzw. zur Ruhe kommen zu lassen, wird bei der Kathodenstrahlröhre ein Diagramm des Widerstandes als Funktion des Ortes auf dem Stromwender aufgenommen, wobei meist die Impedanz gemessen und ein kleiner eingebauter Wechselspannungsgenerator von 10 kHz über einen Widerstand in der Größenordnung des Ankerwiderstandes an die Meßstifte gelegt wird, die auf dem Stromwender schleifen. An den Meßstiften sind gleichzeitig die Oszillographenplatten angeschlossen. Dem Lichtfleck wird eine lineare Zeitablenkung gegeben und der Anker in eine offene Lagerschale gelegt und angetrieben. Im Falle der Unterbrechung einer Ankerspule wird die Spannung an den Elektroden gleich der Generatorspannung, im Kurzschlußfall wird sie Null. Wählt man die Sägezahnfrequenz entsprechend der Ankerdrehzahl, so entspricht eine bestimmte waagerechte Ablenkung dem Durchgang eines bestimmten Stegpaares unter den Meßstiften. Wie aufgenommene Diagramme erkennen lassen, wird mit dieser Prüfeinrichtung ein Fehler im Anker in etwa der gleichen Zeit aufgedeckt, die mit einem Zeigermeßgerät zur Messung einer einzigen Ankerspule erforderlich war. *Tsch.*

DK 621.317.755.004.14

Eine praktische Anwendung von Kathodenstrahlröhren. [Nach A. F. Hollins, Electr. Engr., Lond. 7 (1939) S. 833; 1½ S., 5 Abb.]

In letzter Zeit wurde mehrfach über erfolgreiche Anwendungen des Kathodenstrahloszillographen in der Praxis berichtet; insbesondere gelang bei der Massenfertigung die Steigerung der Geschwindigkeit von Prüfverfahren, bei denen in rascher Aufeinanderfolge Kontrollmessungen ausgeführt werden müssen[1]). Die Prüfung kleiner Gleichstromanker auf Windungs- und Körperschluß erfolgte bisher dadurch, daß die Lötverbindungen der einzelnen Spulenenden mit den Stromwenderteilen mittels Prüfspitzen unter Verwendung eines einfachen Meßkreises mit Niederspannungsquelle und Galvanometer abgetastet wurden. Diese Prüfung hat den Nachteil, nur rein statisch zu erfolgen, so daß dabei nur im Lauf infolge der Fliehkraftwirkung auftretende Fehler nicht erkannt werden. Ferner hängt die Messung von der Geschicklichkeit und Aufmerksamkeit des Handhabenden in starkem Maße ab und ist außerdem recht zeitraubend. Es wurde daher ein verbessertes Prüfverfahren unter Anwendung eines Schwingungserzeugers und eines Oszillographen mit Kathodenstrahlröhre entwickelt, bei dem der Anker im Lauf geprüft wird; dabei wird die Ankerdrehzahl der Zeitablenkung entsprechend gewählt. Der Schwinggenerator ist über einen Vorwiderstand an die Prüfbürsten, die auf dem zu untersuchenden Stromwender schleifen, sowie an die Elektroden des Oszillographen angeschlossen. Der Anker wird zur Prüfung in ein lagerartiges Prüfgestell mit Bürstenanschlüssen eingebracht. Aus dem auf dem Leuchtschirm der Röhre erhaltenen Bild kann dann auf die Eigenschaften der Ankerspulen geschlossen werden. Bei Kurzschluß einer Spule drückt sich dies sichtbar in dem streifenförmigen Leuchtbild aus, ebenso weicht bei fehlendem Anschluß (Leerlauf) der Ausschlag beträchtlich von dem Normalwert ab, so daß die Fehler an den Ankerspulen in kurzer Zeit an dem Leuchtbild, das die Ankerimpedanz als Ortsfunktion angibt, aufgefunden werden können. Aufgenommene Diagramme mit verschiedenen Fehlern lassen erkennen, daß die Einrichtung zur Prüfung kleiner Anker mit Stromwendern gut geeignet ist. Durch entsprechendes Erden einer Burste können auch Körperschlüsse der Ankerspulen zur Anzeige gebracht werden. Die Einrichtung ermöglichte bei scharfer Auslese eine beträchtliche Herabsetzung der Prüfzeit. *an.*

[1]) H. van Suchtelen, Anwendung von Kathodenstrahlröhren bei der Massenfertigung, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 90; siehe vorigen Bericht.

AUS LETZTER ZEIT.

Ausführungsvorschriften des Sonderbeauftragten für technische Nachrichtenmittel. — Der Sonderbeauftragte für technische Nachrichtenmittel, Herr Generalmajor Fellgiebel, hat unter dem 14. 11. 1939 die Ausführungsvorschriften Nr. 1 und 2 erlassen[1]). Hiernach unterliegt die Verbindlichkeitserklärung von Normen auf dem Gebiet der technischen Nachrichtenmittel sowie die Planung und Auflage neuer Typen von Rundfunk- und kommerziellen Funkgeräten, -Röhren und -Zubehör — auch für den Export — seiner Zustimmung bzw. Genehmigung. Diesbezügliche Anträge sind an den Sonderbeauftragten für technische Nachrichtenmittel, Berlin W 35, Bendlerstr. 11/13, zu richten.

Liste der beratenden Ingenieure. — Gemäß § 2 der Anordnung des Hauptamtes für Technik der Reichsleitung der NSDAP. zur Erfassung und zum organisatorischen Einsatz der beratenden Ingenieure Deutschlands vom 17. 3. 1939 wurde die Liste der beratenden Ingenieure aufgestellt und gemäß § 13 der genannten Anordnung veröffentlicht[2]). Die Liste enthält über 300 beratende Ingenieure, von denen 38 ausdrücklich für das Gebiet der Elektrotechnik benannt sind.

[1]) Dtsch. Reichsanz. Nr. 267 vom 14. 11. 1939.
[2]) Dtsch. Reichsanz. Nr. 281 vom 30. 11. 1939, Volk. Beob. vom 2. 12. 1939.

Digitized by Google

VERSCHIEDENES.

BEKANNTMACHUNGEN.

Sitzungskalender.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik. 10. 1. (Mi), 17^{15}, Hauptgeb. T. H. Berlin: 1. „Zur Klangwirkung von Klavichord, Cembalo und Flügel". 2. „Konzertmäßige Zweikanal-Schallübertragung für Cembalo und Flügel". E. Thienhaus (gemeinsam mit F. Trendelenburg und E. Franz).

Reichsstelle für Arbeitsschutz, Berlin (in Verbindung mit der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsschutz). 13. Lehrgang über „Entstehung und Verhütung von Berufskrankheiten. Dienstags 16., 23., 30. 1., 6., 13., 20., 27. 2. und 3. 3. 1940, 16^{00} bis 18^{00}, Fraunhoferstr. 11/12. Teilnehmergebühr für die ganze Vortragsreihe 6 RM, für den Einzelvortrag 1,50 RM. Näheres durch die Geschäftsstelle: Fraunhoferstraße 11/12. Fernruf 34 09 36. Voranmeldungen bis 10. 1. erbeten.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

H. Vogler. — Am 1. 1. 1940 feiert Herr Oberingenieur Hans Vogler VDE sein 25jähriges Dienstjubiläum als Vorstand der Zählerabteilung beim Elektrizitätswerk der Reichsmessestadt Leipzig. Seine langjährige Tätigkeit befähigte ihn, der Industrie manche wertvolle Anregung zu geben, so u. a. die Herstellung überlastbarer Zähler. Dieser Vorschlag wird heute von der Zählerindustrie allgemein verwertet. Durch seine Veröffentlichungen, Fachvorträge und öftere Mitarbeit im VDE-Zählerausschuß wurde der Jubilar in Meßinstrumenten- und Zählerfachkreisen bekannt und geschätzt. *Blz.*

BRIEFE AN DIE ETZ.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Bemerkungen zu meinem Aufsatz „Wesen und Anwendung der Amplituden-, Phasenwinkel- und Frequenzmodelung". ETZ 60 (1939) H. 48, S. 1357 und H. 49, S. 1395.

DK 621.396.216

In meine obige Arbeit habe ich den erstmals von H. Ruprecht eingeführten Begriff der Phasenwinkelmodelung übernommen und in der Fußnote 2, S. 1357, auf den im gleichen Heft erschienenen Bericht über die Originalarbeit von H. Ruprecht hingewiesen. Da der Bericht den Sinn der Originalarbeit nicht trifft[1]), verweise ich auf die Originalarbeit von H. Ruprecht in „Elektr. Nachr.-Techn." 16 (1939) S. 43, in der die von mir übernommenen Begriffe erstmals ausgeführt und begründet erscheinen. E. C. Metschl VDE.

BUCHBESPRECHUNGEN.

DK 621.3.001.11

Einführung in die theoretische Elektrotechnik. Von Prof. K. Küpfmüller. 2. erweit. Aufl. Mit 360 Textabb., VI u. 343 S. im Format B 5. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 18 RM, geb. 19,80 RM.

Die Einführung in die theoretische Elektrotechnik von K. Küpfmüller liegt nunmehr in zweiter erweiterter Auflage vor. Der Aufbau des Buches in sieben Kapiteln ist beibehalten worden. Ihr Inhalt wird durch folgende Stichworte wiedergegeben: der stationäre elektrische Strom in linearen Netzen und räumlich ausgedehnten Leitern, das ruhende und langsam veränderliche elektrische und magnetische Feld, Netzwerke, Vierpole und Kettenleiter, die Übertragungsleitungen und ihre Näherungsformeln, die rasch veränderlichen Felder, Maxwellsche Gleichungen, die elektromagnetische Welle, elektromagnetische Ausgleichvorgänge in linearen und nichtlinearen Systemen.

Die Erweiterungen gegenüber der ersten Auflage geben zunächst eine umfassende Darstellung der Theorie der Gasentladungen (Stoßionisation, Elektronenauslösung an der Kathode, Glimmentladung und Bogenentladung) und die Grundlagen der Elektronenoptik. Damit sind zwei wichtige Gebiete in das Buch aufgenommen, auf denen in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt worden sind. Andere wesentliche Ergänzungen betreffen das Gebiet der Starkstromtechnik. In dem Abschnitt elektro-mechanische Energiewandler werden die Grundzüge der Wechselstrom-Synchronmaschine und -Asynchronmaschine und ihre Kreisdiagramme dargestellt. Der Abschnitt Netzwerke wurde durch eine Untersuchung des Dreiphasensystems und eine Einführung in die Theorie der Ortskurven erweitert und das Kapitel über das stationäre elektrische Feld ist durch eine Berechnung der Schutzwirkung des Erdseiles von Hochspannungsleitungen ergänzt. Auf dem Gebiet der Fernmeldetechnik wurde eine kurze Theorie der Eisenpulverkerne, des Wärmerauschens im elektrischen Leiter und eine Betrachtung der akustischen Geräte als lineare elektromechanische Systeme neu aufgenommen.

Die theoretische Elektrotechnik verdankt viele ihrer Ergebnisse der mathematischen Durchdringung ihrer Fachgebiete und andererseits sind auch viele Zweige der angewandten Mathematik durch die Aufgabestellung aus der theoretischen Elektrotechnik weitgehend beeinflußt worden. Es ist einer der großen Vorzüge der von Küpfmüller gewählten Darstellung, daß der richtige Einklang zwischen dem mathematischen Aufwand und dem physikalischen Inhalt gefunden wird. Diese Anschaulichkeit wird auch bei der Entwicklung der mathematischen Methoden und bei der Darstellung schwieriger Gedankengänge stets erreicht. Dazu tragen besonders die vielen in den Text eingefügten Beispiele bei, die den verschiedensten Gebieten der Starkstrom- und Fernmeldetechnik entnommen sind. Die einheitliche Anwendung von Größengleichungen zeigt den Vorteil dieser Schreibweise gegenüber den Zahlenwertgleichungen.

Die in dieser zweiten, erweiterten Auflage gegebene Einführung in die theoretische Elektrotechnik kann sowohl den Studierenden der Starkstromtechnik, als auch denen der Fernmeldetechnik bestens empfohlen werden. Auch der in der Forschung und Entwicklung tätige Ingenieur wird sicher das Buch gerne zu Rate ziehen. Unter den vielen Büchern des theoretischen elektrotechnischen Schrifttums steht es, was Klarheit der Darstellung und wissenschaftliche Exaktheit anbelangt, mit an erster Stelle. Karl Pohlhausen VDE.

DK 621.396.62

Funktechnische Formelsammlung. Von Otto Schmid und M. Leithiger. Mit 140 Abb., VII u. 202 S. im Format 155 × 215 mm. Weidmannsche Verlagsbuchhandlung, Berlin 1939. Preis geb. 9 RM.

Die Verfasser haben sich der dankenswerten Aufgabe unterzogen, die in vielen Arbeiten zerstreuten Formeln zusammenzusuchen, die man für den Empfängerbau benötigt, und man kann sagen, daß sie gut gelöst ist, wenngleich die Überschrift mehr verspricht, als das Buch tatsächlich bringt: Über Sender wird fast gar nichts gesagt, ebenso vermißt man die Gemeinschaftsantenne, den zugehörigen Breitbandverstärker, den Kraftverstärker, und wenn man ganz anspruchsvoll ist, Angaben über Mikrophon und Telephon bzw. Lautsprecher. Vielleicht findet sich in der 2. Auflage Platz für die Erfüllung dieser Wünsche.

[1]) Siehe Berichtigung auf S. 1492 dieses Heftes.

Das Buch baut sich aus drei Teilen auf. Unter A bringt es allgemeine Grundlagen wie Formelzeichen, wichtige Rechnungsgrundlagen, darunter Hyperbelfunktionen, Differential- und Integralrechnung, Reihen, komplexe Größen usw., Maße und Einheiten. Im Teil B folgen die physikalischen Grundlagen in mustergültiger Vollständigkeit, beginnend mit dem Ohmschen Gesetz, der Wechselstromkreis mit induktiver und kapazitiver Belastung, Zweipole, erzwungene und freie Schwingungen einfacher und gekoppelter Kreise, die Anwendung auf Filter, Vierpole, Übertrager und Kettenleiter, eine sehr ausführliche Theorie der Röhren als Gleichrichter, Verstärker und Schwingungserzeuger, die Modelung und Rückmodelung, akustische Fragen, Wellenausbreitung und Antennen. Daran schließt sich der wertvollste „praktische" Teil C mit der Berechnung von Induktivitäten und Kapazitäten, von Schwingkreisen (Gleichlauf, Temperaturausgleich, Bandfilter, Ankopplung), Widerständen, Netzanschlußschaltungen, Sperrgliedern, eine ausführliche Behandlung von Verstärkern verschiedener Art einschließlich Gegentakt und Entkopplung, von Schwing- und Gleichrichterstufen, Antennenankopplung und spezielle Verstärkerfragen wie Überlagerungsempfänger, Empfindlichkeit, selbsttätige Regelung, Lautstärkeregler, Klangregler, Entzerrer. Der Anhang bringt das wichtigste Schrifttum, einige Kurvenblätter und das Stichwortverzeichnis.

Alles in allem eine sehr erfreuliche Erscheinung, die dem Hochfrequenzingenieur unentbehrlich werden wird.

Karl Mühlbrett VDE.

DK 517 : 621.313

The Application of Tensors to the Analysis of Rotating Electrical Machinery. Teil I—XVI: Elementary Engineering Treatment. Von G. Kron. Mit zahlr. Abb. u. 187 S. im Format 200 × 275 mm. Herausg. von General Electric Review, Schenectady, N. Y., U. S. A., 1938. Preis geb. 4,50 $.

Das vorliegende Buch stellt eine Sammlung von Aufsätzen dar, die der Verfasser in der amerikanischen Zeitschrift „General Electric Review" in den Jahren 1935/38 veröffentlicht hat. Diese Aufsätze behandeln in der Hauptsache die Anwendung der Tensoranalysis auf elektrische Maschinen, wobei im Prinzip derselbe Weg wie in dem vorher besprochenen Buch des gleichen Verfassers eingeschlagen wird. Der Verfasser geht hier von einer zweipoligen Maschine aus, deren Ständer- und Läuferwicklungen in zwei räumlich aufeinander senkrechtstehenden Achsen angeordnet sind. Zunächst werden alle äußeren Verbindungen (Bürsten, Schleifringe usw.) entfernt gedacht, so daß mathematisch nur eine Anzahl von Impedanzelementen übrigbleibt. Für dieses als „verallgemeinertes Netzwerk" bezeichnete Gebilde (das für alle Maschinen gleich ist) wird die Impedanzmatrize aufgestellt. Die Art der Zusammenschaltung der Elemente des verallgemeinerten Netzwerks zu einem bestimmten Maschinentyp wird durch eine Transformationsmatrize ausgedrückt, mit deren Hilfe die Impedanzmatrize der betreffenden Maschine ermittelt werden kann.

Die entwickelte Behandlungsmethode wird zunächst auf Maschinen mit festen und beweglichen Bezugsachsen und in weiterer Folge auf die Zusammenschaltung von Maschinen angewendet. In den übrigen Teilen des Buches werden auch nichtstationäre Bewegungszustände von elektrischen Maschinen (Beschleunigungszustände, kleine Schwingungen) untersucht. Außerdem werden die mathematischen Grundlagen der „Per-unit"-Systeme dargelegt. Dazwischen finden sich Abschnitte mehr mathematischer Natur. Die beiden letzten Teile des Buches behandeln die Theorie der Netzwerke und stellen sozusagen das Substrat des vorbesprochenen Buches dar.

In der Aufsatzsammlung ist ein gewaltiger Stoff (allerdings in äußerst knapper Form) behandelt, der wissenschaftlich interessierten Ingenieuren eine Fülle von Anregungen bietet. Ein wirklich eingehendes Studium des Buches setzt aber mathematische Spezialkenntnisse voraus, die nur einem sehr kleinen Kreis von Ingenieuren zur Verfügung stehen. Es wäre daher zu begrüßen, wenn der Verfasser auch die tensorielle Behandlung von elektrischen Maschinen in breiterer Form darstellen würde.

H. Kafka VDE.

DK 517 : 621.316.11

Tensor Analysis of Networks. Von G. Kron. (General Electric Serie.) Mit zahlr. Abb., XXIV u. 635 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag John Wiley & Sons, New York 1939. Preis 7,50 $.

Das vorliegende Buch behandelt die Anwendung der Tensoranalysis auf elektrische Netzwerke. Die erste Stufe bildet dabei die Einführung von Matrizen für Spannungen, Ströme, Impedanzen usw. Der eigentliche Aufbau der Tensoranalysis gründet sich auf drei Verallgemeinerungspostulate. Nach dem ersten Postulat können Matrizen-Beziehungen für ein System mit n Freiheitsgraden in der Weise aufgestellt werden, daß man von den entsprechenden Gleichungen für ein System mit einem Freiheitsgrad ausgeht und die in diesem auftretenden Größen durch Matrizen ersetzt. Das zweite Verallgemeinerungspostulat behandelt die Überführung einer Matrizenbeziehung, die zunächst nur für ein bestimmtes Bezugsystem gilt, in eine invariante Tensorbeziehung, die für alle Bezugsysteme der gleichen Type Geltung besitzt. Der Wechsel des Bezugsystems erfolgt mit Hilfe von Transformationstensoren, die eine Gruppe bilden. Das dritte Verallgemeinerungspostulat ermöglicht schließlich die Überführung einer invarianten Beziehung, die für eine bestimmte Type von Bezugsystemen gilt, in eine Tensorbeziehung, die auch für andere Typen von Bezugsystemen (z. B. für Systeme mit beweglichen Achsen) Geltung besitzt. Das letzte Postulat kommt allerdings für ruhende Netzwerke nicht in Betracht, wohl aber für elektrische Maschinen.

Der Vorteil der tensoriellen Behandlung besteht zunächst darin, daß z. B. n Netzwerksgleichungen in eine einzige Tensorbeziehung zusammengefaßt werden können, wodurch der allgemeine Rechnungsgang außerordentlich vereinfacht wird. Das gesuchte Ergebnis, das in Form einer Tensorgleichung erhalten wird, muß selbstverständlich für die zahlenmäßige Auswertung in die gewöhnliche Schreibweise übersetzt werden.

Die Behandlung der Netzwerke selbst wird in drei Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe umfaßt die Maschen-Netzwerke (mesh networks). Bei diesen Netzwerken werden einzelnen Elementen Spannungen aufgedrückt und die in den Maschen auftretenden Ströme als Veränderliche betrachtet. In der zweiten Gruppe werden die als „junction networks" bezeichneten Gebilde behandelt, bei denen verschiedenen Paaren von Knotenpunkten Ströme aufgedrückt werden; als Veränderliche werden hier die Spannungen zwischen den Knotenpunktspaaren betrachtet. Die „junction networks" sind die dualen Gebilde der „mesh networks". Die dritte Gruppe umfaßt die als „orthogonal networks" bezeichneten Gebilde, die die allgemeinste Form von Netzwerken darstellen.

Bei dem von Kron entwickelten Behandlungsverfahren handelt es sich zweifellos um ein mathematisch sehr elegantes Verfahren, das die Beachtung aller wissenschaftlich interessierten Ingenieure verdient. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß die tensorielle Behandlung von elektrotechnischen Problemen durchaus nicht so einfach ist, wie es zunächst den Anschein hat.

H. Kafka VDE.

Berichtigungen.

In dem Bericht „Der Begriff der Modulation" in Heft 48 der ETZ d. J., S. 1384, ist das Wort „Phasenmodulation" in Verbindung mit Amplitudenmodulation durch das Wort „Phasenwinkelmodulation" zu ersetzen, da in dem Originalaufsatz unter Phase der Zustand des Nullphasenwinkels, also mit Phasenmodulation nur die des Nullphasenwinkels verstanden wird. Die Frequenzmodulation ist versehentlich als Unterform der Amplitudenmodulation angegeben, während nach H. Ruprecht diese eine Unterform der Phasenwinkelmodulation ist.

Der Berichter.

In dem Bericht über „Neues elektrothermisches Verbindungsverfahren für den Zusammenbau von Metallteilen mit keramischen Körpern" in Heft 49 der ETZ 60 (1939) S. 1401 müssen die Unterschriften der Abb. 4a und b, S. 1402, miteinander vertauscht werden.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. R. Baranowsky VDE, Berlin-Treptow, Am Treptower Park 55.
Dr. W. Kleinsteuber VDE, Berlin-Köpenick, Mittelheide 29.
Dipl.-Ing. P. du Mont VDE, Berlin-Spandau, Plantage 10/11.
Dipl.-Ing. D. Neubronner VDE, Mannheim-Käfertal, Beiherstr. 6.
Dr. F. Pawlek, Berlin-Köpenick, Unter den Birken 39.

Abschluß des Heftes: 20. Dezember 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

JAN 17 1947

E T Z
ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

52. HEFT · 60. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(S. 1469—1492)
28. Dezember 1939

Digitized by Google

Kabelwerk Duisburg

FERNMELDEKABEL für Fernsprech-, Telegrafen- und Signalzwecke mit und ohne Bleimantel

FERNSPRECHKABEL mit Pupinspulenausrüstung

Planung und Verlegung von Fernsprechkabelnetzen mit allem Zubehör einschließlich **Pupinisierung** und **Kapazitätsausgleich** durch eigenes Personal.

Kabelwerk Duisburg, Duisburg a. Rhein

Fernsprecher: 34521 • GEGRÜNDET 1894 • Drahtanschrift: Kabelwerk Duisburg

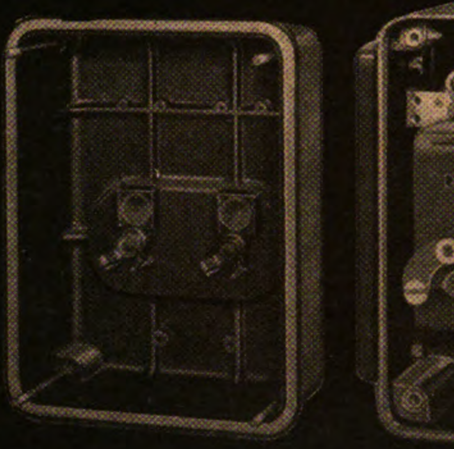
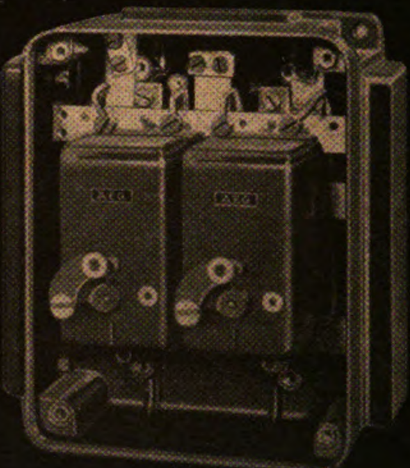
Digitized by Google

AEG

Neue Lichtverteilungskästen

mit ein- und zweipoligen Kleinautomaten für 2, 4, 6, 8, 10, 15 oder 20 A

Form JVL 2, geöffnet (in Isoliergehäuse)

einpoliger Kleinautomat

zweipoliger Kleinautomat

Geringe Baumaße, eingebaute Automaten mit Wärme-(Bimetall-) und elektromagnetischer (Schnell-) Auslösung. Für jeden Stromkreis ist nur ein Kleinautomat erforderlich.

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

5520

Elektrisches Heizleiter- u. Widerstands-Material

Drähte, Bänder, Wendel und Spiralen aus Chromnickel,
eisenfrei, eisenhaltig und nickelarm
Nickelin-Widerstand
Nickelin, zink- und eisenfrei
Nickelin-Neusilber
Novokonstant, nickelfrei

Nickel-Anoden (höchster Reingehalt)

gegossen oder gewalzt
Depolarisierte Anoden (D R P)

Phosphorbronze für Federn

in Blechen, Bändern, Drähten, Stangen

Vereinigte Deutsche Metallwerke A. G.

Zweigniederlassung:

BASSE & SELVE, ALTENA (WESTF.)

Einige lohnende Vertretungen noch zu vergeben

Digitized by Google

SBIK

FERNWART
zur Fernsteuerung gestattet
gefahrlose Überlastung von
Werkzeugmaschinenantrieben

SCHIELE INDUSTRIEWERKE INHABER FRANZ SCHIELE
HORNBERG / SCHWARZWALDBAHN

MAKO

Imprägnieranlagen
Hochvakuum-
Trocken- und Tränkanlagen
Lacktrockenöfen
Trockenanlagen
für Akkumulatorenplatten
Transformatorenschränke
in jeder Größe

Größter bisher gelieferter Transformatorenschrank
3100 mm li. Breite, 4200 mm li. Höhe, 7000 mm li. Tiefe
Ges. Gewicht der Anlage ca. 48000 kg

Fordern Sie Referenzlisten und Prospekte an!

MAKO Maschinen Co. G. m. b. H.
ERFURT
Hochheimerstraße 12 · Schließfach 889
Fernruf 20867, 20868, 20869, 21254, 21264

Digitized by Google

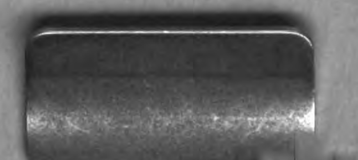
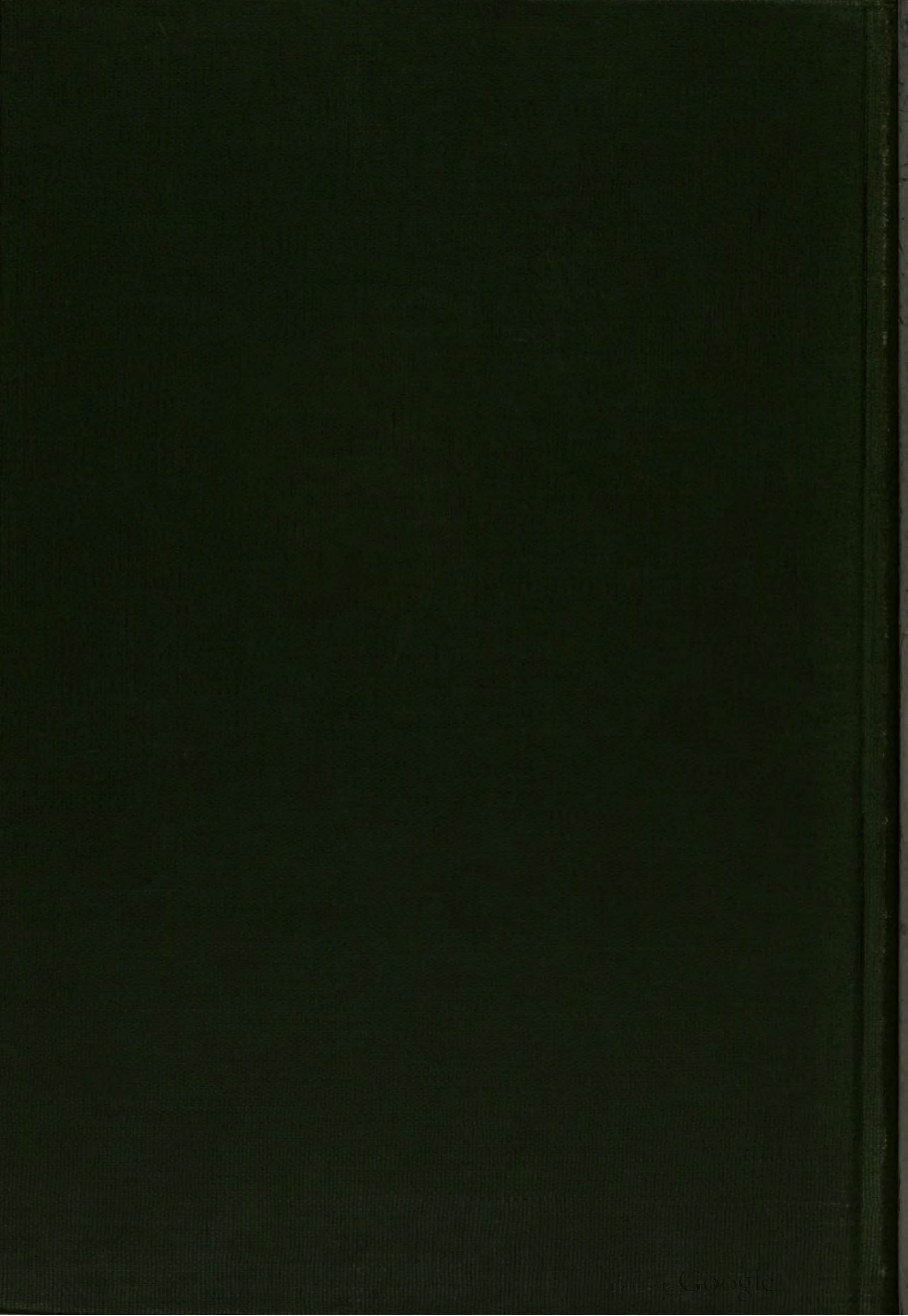
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

BOUND
AUG 28 1947
UNIV. OF MICH.
LIBRARY



Digitized by Google